

سلسلة الحضارة

سالى وأدويان مورجان

مكتبة العبيكان

سلسلة ألفا العلمية

الأبنية



تأليف

سالي وأدريان مورغان

تعريب

د. بشير العيسوي

مكتبة العبيكان

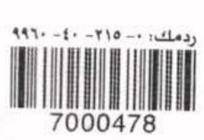
سلسلة ألفا العلمية

يهدف هذا الكتاب إلى تنمية مدارك الأطفال وتنمية فهمهم للمبادئ الأساسية للأبنية وذلك من خلال دراسة علمية متكاملة، يكشف من خلالها عن العديد من الروابط المذهلة بين ما أبدع خلقه وصنعه الله عز وجل، وبين ما وفق الله الإنسان من أعمال لإعمار هذه الأرض، وهو يشتمل على تجارب بسيطة مما يُمتع القراء بحقائق مدهشة طرحت التطورات العلمية التي تحققت وكذلك المتوقعة مستقبلاً.

وأخيراً يقدم هذا الكتاب للقراء مجموعة كبيرة من الأبنية الطبيعية والصناعية مثل الهياكل العظمية، والجسور وناطحات السحاب وأعشاش النمل. كما يلقي الضوء على المواد الأساسية وخواصها وطرق تركيبها وأسس قياسها.

عناوين السلسلة هي:

- الصحاري.
- الغذاء للعالم.
- الأنهار والبرك والبحيرات.
- المدن الصغيرة والمدن الكبيرة.
- الأعاصير والعواصف.
- التلوث.
- الغابات المطيرة.
- الطاقة المتجددة.
- البحار والمحيطات.
- النقل.
- الحرائق والفيضانات.
- الزلازل والبراكين.
- الحركة.
- المواد.
- القوة المحركة.
- الضوء.
- الماء.
- استخدام الصوت.
- الأبنية.
- التقنية والأداء.


ردمك: ٠-٢١٥-٤٠-٩٩٦٠
7000478

ح مكتبة العبيكان، ١٤٢٣هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مورغان، سالي

الأبنية/ سالي مورغان؛ ترجمة بشير العيسوي. - الرياض.

٤٥ص، ٢٢X٢٩سم.- (سلسلة ألفا العلمية؛ ٨)

ردمك: ٠-٢١٥-٤٠-٩٩٦٠

١- المباني ٢- هندسة الإنشاءات

أ- العيسوي، بشير (مترجم) ب- العنوان ج- السلسلة

ديوي ٦٩٠ ٢٣/٣٧٣٥

ردمك: ٠-٢١٥-٤٠-٩٩٦٠ رقم الإيداع: ٢٣/٣٧٣٥

Evans Brothers Limited
2A Portman Mansions
Chiltern Street
London W1M 1LE

ISBN 0 237 51259 9

الطبعة الأولى ١٤٢٤هـ /٢٠٠٣م

الناشر

مكتبة العبيكان

الرياض. العليا. تقاطع طريق الملك فهد مع العروبة.

ص.ب: ٦٢٨٠٧ الرياض ١١٥٩٥

هاتف: ٤٦٥٤٤٢٤، فاكس: ٤٦٥٠١٢٩

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

المقدمة

قشرة البيضة، وقرص عسل النحل، والجسر وناطحة السحاب ما هي إلا أبنية، قد تكون بسيطة إلى حد ما، مثل قشرة البيضة، أو معقدة جدًا، مثل ناطحة السحاب. والمبنى عادة ما يتكون من عدد من الوحدات الأصغر تتحد مع بعضها وتعطي أشكالها، والطريقة التي تتحد وحداتها بعضها مع بعض للمبنى القدرة على أن يتحمل قوة، أو عددًا من قوى مختلفة.

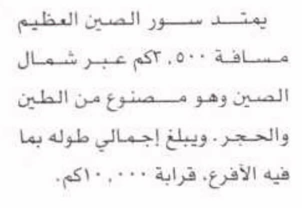
ليست مهمة درجة التعقيد التي قد يكون عليها المبنى، إنما يتحتم أن يكون قادرًا على الانصياع للقوانين الطبيعية تمامًا مثل أبسط الأبنية. ولكي يكون المبنى ناجحًا يلزم أن يكون قادرًا على حمل الأحمال التي صمم من أجلها، وأن يتحمل أي جهد خارجي دون أن ينهار.

هذا منظر علوي ليابسة لندر
الأبنية التي يمكن رؤيتها في أي مدي



ويشترك الإنسان والحيوان والنبات في قدرتهم جميعاً على بناء تشكيلة مختلفة من الأبنية من جميع الأحجام، هناك مبنيان من أكبر المباني في العالم يمكن مشاهدتهما فعليًا من سطح القمر. أولهما، سور الصين العظيم، الذي بناه أهل الصين.

بينما الثاني وهو حاجز الحيد البحري العظيم، الذي يقع خارج الساحل الأسترالي فقد بنته الكائنات المرجانية بأجسامها. وكلا المبنين يتكونان من وحدات أصغر. وحتى أدق المخلوقات تستطيع أن تبتكر أبنية معقدة تنافس تلك التي يأتي بها المعماريون في العصر الحديث.



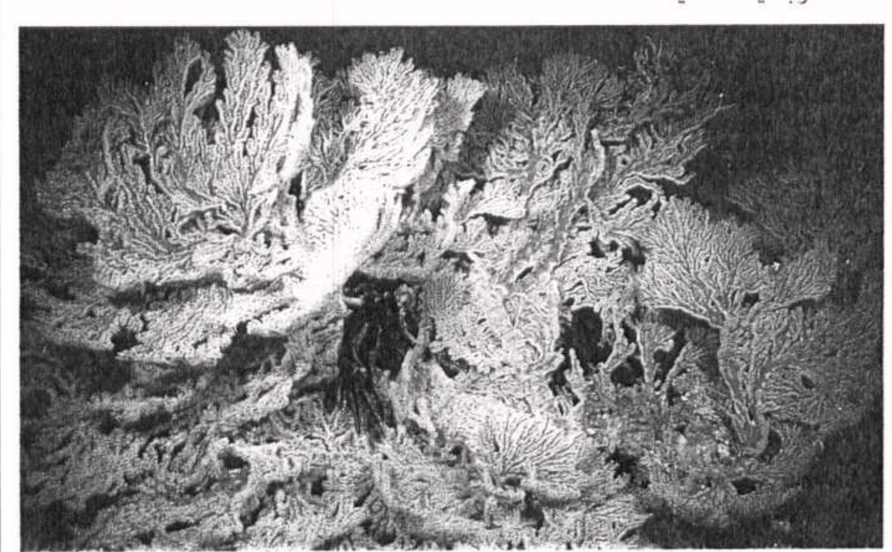
يمتد سور الصين العظيم مسافة ٢٫٥٠٠كم عبر شمال الصين وهو مصنوع من الطين والحجر. ويبلغ إجمالي طوله بما فيه الأفرع، قرابة ١٠٫٠٠٠كم.



سور الصين العظيم

حياة المرجان باختصار

تقوم حيوانات دقيقة تسمى المرجانيات ببناء الشعب المرجانية، والمرجانيات تنتسب إلى أسرة النباتات البحرية المعروفة باسم شقائق النعمان. ولكل حيوان مرجاني جسم ناعم، يظهر كانتفاخ، يفرز كلسًا مكونًا غلافًا خارجيًا حوله. وعندما يصل المرجان إلى حجمه المكتمل، يتكاثر بأن ينبعث من جسمه خيط رقيق يتطور إلى انتفاخ آخر. وهذا بدوره ينمو ويفرز كلسًا مرة أخرى مكونًا غلافًا خارجيًا حول الأبوين هذه المرة. وبينما تنمو الكائنات الجديدة، تكون المرجانيات القديمة قد دفنت وماتت تحت الغلاف الجيري الذي كونه الأبناء، وفي النهاية تتكون المستعمرة المرجانية حيث يكون خارجها طبقة رقيقة من المرجانيات الحية فوق العديد من الطبقات المكونة من غرف فارغة هي أجسام المرجانيات الميتة. في حين أن معظم الجسم المكون للشعبة المرجانية ميت، إلا أن الأجزاء الميتة توفر دعمًا للمرجانيات الحية.



قياسات

فيما يلي قائمة بالاختصارات المستخدمة في هذا الكتاب:

وحدات الطول

كم: الكيلومتر

م: المتر

سم: السنتيمتر

مم: المليمتر

وحدات القوة

ن: نيوتن

ن/م٢: نيوتن على المتر المربع

وحدات الكتلة

جـ: جرام

كجم: الكيلوجرام

وحدات درجات الحرارة

م°: درجة سلسيوس

وحدات المساحة

هك: هكتار

سم^{2}: سنتيمتر مربع

المواد والمباني

تقريبًا تُعد جميع المواد المستخدمة في الأبنية صلبة؛ لأن المواد الصلبة قوية، فالمواد الصلبة مصنوعة من ذرات كثيرة، تتماسك مع بعضها بروابط كيماوية قوية. وهذه الروابط لا تتكسر إلا ببذل جهد عليها، أو بالصهر، أو بالتفاعل الكيميائي. فقطعة من الصلب، مثلاً، يمكن كسرها وذلك بثنيها حتى تنكسر، أو يمكن تسخينها حتى تنصهر، أو تترك في المطر حتى تصدأ. وتأتي قوة المادة من قدرة روابطها على مقاومة القوى الخارجية. وقوة المبنى، على أي حال، لا تعتمد على قوة كل مادة على حدة، ولكن أيضًا على الكيفية التي يتم وضع هذه المواد بعضها مع بعض فيه.

وهذا الكتاب لا يدرس المواد بذاتها، ولكن يدرس الطرق التي يستخدمها الناس، وكذا النبات والحيوان لعمل الأبنية. وهو يتفحص الطريقة التي توضع فيها التراكيب سوية، والقوى التي يمكن أن تؤثر فيها، وكذا يدرس الكتاب الأبنية في المستقبل. ويتم تقديم شرح للكلمات الهامة في نهاية كل جزء تحت العنوان الرئيس (كلمات أساسية) وأيضًا في الصفحة رقم ٤٤. وسوف نكتشف حقائق مذهلة في كل جزء، سوية مع بعض التجارب، وبعض الأسئلة التي تطرح عليك للتفكير في إجابتها.

كلمات أساسية

- **المادة:** هي ما يستخدم في تكوين أي من الأبنية.
- **البناء:** هو أي جسم له وظيفة خاصة ويستطيع أن يتحمل مجهودًا يبذل عليه.

قوى متوازنة

هل فكرت لماذا لا تسقط على الأرض وأنت تصعد السلالم في أحد المباني؟ والإجابة البسيطة هي أن الأرض قوية بقدر يكفي لتظل واقفًا دون أن تقع. ويسعى المهندسون والمعماريون ليضمنوا أن تتحمل ا لأرضيات قوى الدفع، المسماة بالتضاغط، التي يحدثها الأفراد والأشياء في أي من المباني. والتضاغط مجرد واحد من القوى الخمس الرئيسة التي يجب أن تتحلمها المباني. وهذه القوى الرئيسة هي:

١- قوة الدفع وتسمى التضاغط.

٢- قوة السحب وتسمى الشد.

٣- قوة الالتواء وتسمى قوة اللف أو الالتواء.

٤- قوة الانحناء.

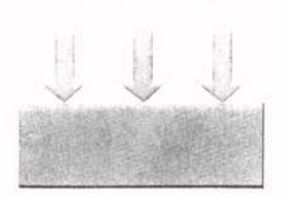
٥- قوة الانقسام أو الانشطار.

قال السير إسحاق نيوتن - وهو عالم ورياضي إنجليزي -: إن كل قوة تقابلها وتوازيها قوة مساوية ومضادة. فعندما تقف على أرضية مبنى ما، فإنك تبذل قوة دفع على أرضية تساوي وزنك. وفي الوقت نفسه، ستدفع الأرضية بقوة إلى أعلى تساوي وزنك. فإذا لم تكن الأرضية قوية بالقدر الكافي، فلن تكون قادرة على بذل قوة دفع مساوية ومضادة ومن ثم ستقع على الأرض.

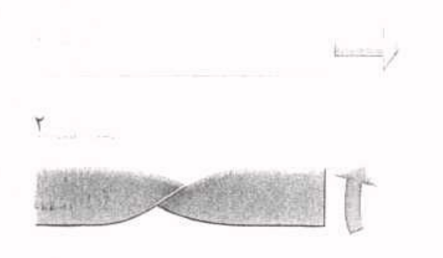
عند بذل قوة على جسم ثابت فإنها تؤدي إلى تغير شكل الجسم، والذي يسمح للجسم بمقاومة هذه القوة هو ما يحدث فيه من تغير في الشكل أو ما يعرف بالإزاحة. ورغم أن الجسم قد لا يتغير بشكل خطير، إلا أن أجزاءً منه قد تتبعج أو تتضاغط، بينما أجزاء أخرى منه تظل مشدودة. وكل مادة تسمح بقدر محدد من الحركة، وهذا ما يعرف باسم مرونة المادة.

فعندما نسير فوق لوح خشبي، فإنه ينحني وهذا يؤدي إلى توليد قوة داخلية لتتحمل وزنك. كيف يحدث هذا؟ عندما يكون لوح الخشب غير واقع تحت تأثير أي ثقل، فإن الروابط بين ذراته تكون في حالة استرخاء، أي غير متوترة. وتحاول الذرات أن تكون دائمًا في تلك الحالة. ولكن إذا وضع ثقل فوق سطح اللوح، فإن الذرات التي تحت الثقل مباشرة تتجاذب سوية عندما يبدأ اللوح في الانثناء، ويقع توتر أو شد على جزيئات الخشب التي تحت الوزن الواقع على اللوح، ومن ثم تتباعد الذرات عن بعضها. وحيث إن الذرات تسعى دومًا لأن تكون في حالة استرخاء، فإنها تسعى إلى العودة إلى ذلك الوضع، باذلة قوى التوازن المطلوبة للحفاظ على وزن الثقل المبذول عليها.

القوى الخمس الرئيسة



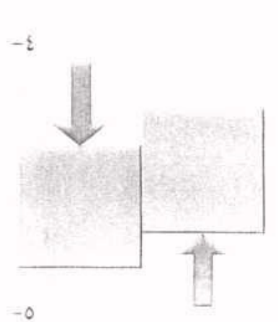
١- الت



٢



٤-



٥-

عندما يوضع لوح خشبي ف اللوح الخشبي تضاغط، بينم السفلي يقع علي

ما مدى قوة المادة القوية؟

يسيء البعض من وقت لآخر فهم معنى كلمة قدرة. إنها تشير في الحقيقة إلى القوة المطلوبة لكسر شيء ما. ولا يجب الخلط بينها وبين كلمة تيبس المادة، وهو وحدة قياس مقدار مرونة جسم ما. وعلى سبيل المثال: الصلب يعتبر يابسًا وقويًا، ولكن رغم أن قطعة البسكويت أيضًا يابسة، إلا أنها ليست قوية جدًا. وتعرّف قدرة الشد لمادة ما بأنها القوة المطلوبة لشدها وذلك بتكسير جميع الروابط بين ذراتها. كثير من المواد الطبيعية مثل الخشب والكتان والقطن لها قدرات شد عالية بشكل مدهش. والمعادن مثل الحديد والصلب لها قدرات شد عالية إلى أبعد حد ممكن. وهما يستطيعان تحمل أوزان ثقيلة جدًا؛ ولهذا فهما يستخدمان في المباني الضخمة والجسور. ويمكن أن تتواجد في أشكال معقدة بطرقها أو صهرها وبعد ذلك سكها وتشكيلها. ويظلان قويين حتى في الأشكال الجديدة التي يتخذناها.

يجب أن تكون المباني قادرة على أن تقاوم التضاغط والشد الواقعين عليها. فعندما تتضاغط مادة ما؛ فإن الروابط تتداخل فيما بينها وتندفع الذرات مقتربة من بعضها. فإذا ما كانت المادة مصنوعة من عنصر لين، مثل النحاس، يمكن أن يتغير شكلها، وإذا كانت هشة فإنها تتمزق وتنكسر. وإذا كانت المادة طويلة ورفيعة كما في حالة الأسياخ المعدنية، فإنها قد تنبعج وإما أن تعود في حركة زنبركية إلى شكلها الآلي عندما تزول عنها القوة أو تظل بشكلها الجديد الذي اختلف عن شكله الأصلي بفعل قوة الشد. وتختلف المواد في قدرتها على مقاومة القوى؛ ولهذا يختار مصممو المباني مواد مختلفة لتؤدي وظائف مختلفة، في المباني: مثلاً، قوالب الطوب والترميد المصنوعة من الحجر قوية جدًا من حيث التضاغط لكنها لا تستطيع تحمل قوة الشد بالدرجة نفسها، وعلى النقيض: فإن الخشب يكون أقوى تحت الشد فيه تحت التضاغط.

ربما يعد العظم أغرب مادة بنائية اكتشفت حتى الآن؛ لأن قوة التضاغط وقوة الشد تتساويان فيه تقريبًا. حتى إن العظم يستطيع أن يعيد نفسه إلى سابق عهده إذا ما كسر. وهو موجود بشكل واسع في المملكة الحيوانية حيث يستخدم ليوفر دعامة بنائية لأقوى الحيوانات (انظر صفحة ٣٩).



!

تعطي كمية تزن جرامًا واحدًا من خيوط العنكبوت قوة شد أكبر من تلك التي لكمية مساوية من بعض أنواع الصلب.

الإجهاد والشد

غالبًا ما تستخدم كلمتا الإجهاد والشد للدلالة على الشيء نفسه، على أي حال، تعني هاتان الكلمتان بالنسبة للمهندس شيئين مختلفين. الشد: هو قياس مقدار الذرات والجزيئات في مادة وقعت عليها قوة شد. أما الإجهاد: فإنه يختص بالقوة المبذولة على مساحة من المادة. فإذا تم شد عود من الخشب طوله ١٠٠سم ليزيد سنتيمترًا واحدًا، فإنه يتعرض لقوة شد مقدارها ١٪. وإذا كانت القوة التي تحدث الشد تساوي ١٠٠ن (النيوتن هو وحدة القوة)، والقطاع العرضي للعود ١٠٠سم٢، فإن قوة الإجهاد تساوي ١ن/سم٢ (أي نيوتن واحد في السنتيمتر المربع).



ما هي خصائص المعادن التي تجعلها مفيدة في إنشاء المباني؟



بعض من أحدث المواد التي صنعها الإنسان مثل الألياف الزجاجية وألياف الكربون لها قوى شد أعلى من الصلب، لكنها تظل خفيفة أيضًا.

تصنع قوارب الكنو (وهي زوارق طويلة بمجداف) وكذا زوارق الكياك (وهي زوارق جلدية من زوارق الأسكيمو) من الألياف الزجاجية وألياف الكربون ولذا فهي خفيفة وقوية.

يمكن تقوية بعض المواد لتستخدم على نطاق أوسع من المباني، فالأسمنت يصنع من حجر الكلس (الجير). وعندما يخلط بالرمل والماء فإنه يكون عجينة يمكن استخدمها في ربط قوالب الطوب مع بعضها. وإذا أضيف إلى تلك العجينة حصى، فإن المادة الجديدة تسمى خرسانة، التي غالبًا ما تستخدم في بناء القواعد والجدران في المباني. والأسمنت تمامًا، مثل الطوب والقرميد، قوي عند التضاغط، لكنه ضعيف عند الشد. على أي حال، يمكن تقويته حتى يصبح ذا مقاومة أكبر عند بذل جهد عليه. تصب الخرسانة على شبكات من أسياخ الحديد. وتلك الأسياخ تمنع الشروخ من الانتشار في الخرسانة. ولجعل الخرسانة أقوى وهي ساكنة، فإنه يتم تعريض أسياخ الصلب للشد. كما أن أجزاءً صغيرة من الخرسانة يمكن إجهادها في الصنع قبل صبها على الأسياخ. ثم يتم صب الخرسانة على الأسياخ المجهدة. وعندما تجف الخرسانة يزول الإجهاد عن الخرسانة ومن ثم تحاول أسياخ الصلب أن تعود إلى طولها السابق. وهذا يؤدي إلى تضاغط الخرسانة مما يجعلها أقوى.



تصب الخرسانة فوق أسياخ الصلب لتقويتها.

البلاستيكية والمرونة

إذا قمت بكبس قطعة من إحدى اللدائن، أو الطين، أو معجون ما، فإن شكلها سوف يتغير، وعندما نتركها وشأنها، فإنها لا تعود ثانية إلى شكلها الأصلي، فحتمًا قد تغير شكلها، مثل تلك المواد تسمى بلاستيكيات، وكلمة بلاستيك غالبًا ما يساء استخدامها. فالمادة التي نسميها بلاستيك، التي نستخدمها في صناعة الألعاب والصناديق وحتى الأثاث تفقد بلاستيكيتها فعلاً أثناء عملية التصنيع. فالبلاستيك الساخن المسال يُصَبُ في قوالب ويترك ليبرد فيتصلب متخذاً الشكل المطلوب.

أما المواد التي يمكن شدها، وبعجها أو ثنيها ولكنها تعود إلى شكلها الأصلي تسمى موادًا مرنة: فالمطاط، والصلب، والخشب، كلها مواد مرنة، ولكن إلى حد معين.. ذلك أنه إذا تعرضت لقوة هائلة فإنها لن تعود إلى أشكالها الأصلية. فالصلب مثلاً: مرن إلى حد ما، لكن إذا وقعت عليه قوة كبيرة جدًا فإن شكله سيتغير ويصبح التغيير دائمًا.



يجب أن تكون عصا القفز بالزانة مرنة بقدر كافٍ يسمح لها أن تحمل العداء إلى ما فوق حاجز القفز.

وعلاقة الملابس المصنوعة من الصلب مثال جيد لذلك. فإذا ما قمت بثنيها بلطف ثم أطلقتها، فإنها تعود في حركة زنبركية إلى شكلها الأصلي. لكن إذا تم ثنيها بشكل قوي، فإنها تظل في شكلها الجديد، أي تظل منثنية. وإذا ما قمت بثنيها إلى الإمام وإلى الخلف مرات عديدة، فإنها سوف تكسر في النهاية.

من المدهش تمامًا أن نعرف أن الزجاج مرن. فالألياف الزجاجية يمكن ثنيها من جانب إلى آخر، وهي مفيدة بصفة خاصة في مقاومة الشد. وتستخدم الألياف الزجاجية في دعم عصى القفز بالزانة، وذلك أنها تنثني بينما يقوم العداء بالقفز بها. لكن الألياف الزجاجية هشة أيضًا. فإذا ما بذلت عليها قوة لا تتحملها، فإنها تنكسر فجأة.

؟ تصنع سجادات الأمان في الصالات الرياضية وميادين ألعاب القوى من المطاط الرغوي. فلماذا تُعد الرغاوي اختيارًا جيدًا كمادة؟

تجربة

حدود المرونة

هذه التجربة تفحص مرونة مواد مختلفة. تقاس قوة الشد على بعض المواد بتعليق أوزان فيها. ستحتاج لمجموعة من الحلقات المطاطية بأسماك وأطوال مختلفة، أو بعض الزنبركات المعدنية. وستحتاج أيضًا بعض الخيوط أو الأسلاك الرفيعة، وكرسيين أو مقعدين دون ظهر، ولوح خشبي بطول ٦٠ سم، ومسطرة طويلة، وبعض الأوزان تتراوح ما بين ١٠جم إلى ما يزيد على الكيلوجرام الواحد. يجب أن ترتدي نظارات واقية عند قيامك بعمل هذه التجربة.

١- ضع المقعدين (أو الكرسيين) متجاورين على أن تفصل بينهما مسافة ٢٠سم. ضع لوح الخشب أعلى المقعدين كما في الصورة ليغطي المسافة بينهما. سيقوم لوح الخشب بدور الدعامة الثابتة للأثقال التي ستعلق عليه.

٢- قس طول المادة التي ستقوم بفحصها.

٣- علق تلك المادة باللوح الخشبي مستخدمًا سلكًا زنبركيًا.

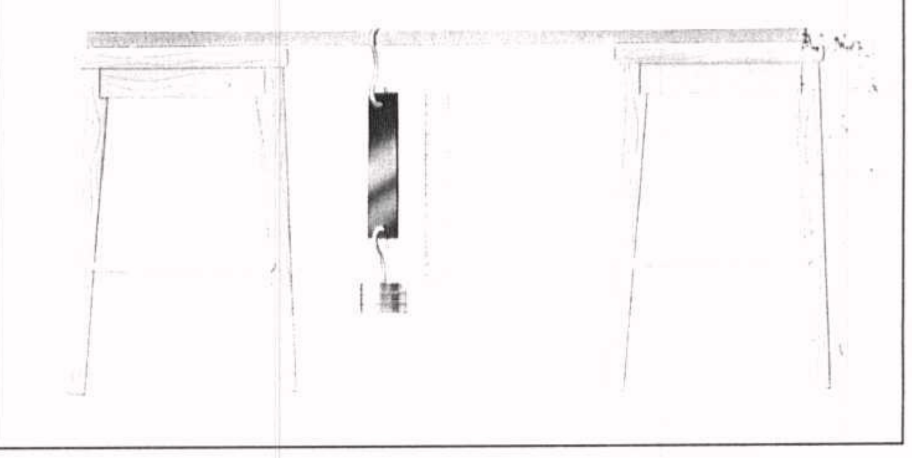
٤- علق وزنًا في طرف المادة التي تختبرها باستخدام سلك زنبركي أو سلك عادي. ثم قس الطول الجديد للمادة.

٥- زد الوزن على المادة المعلقة باللوح الخشبي، ولاحظ الزيادة في طولها في كل مرة، كرر ذلك حتى تلاحظ أنه لن يحدث أي تمدد أو زيادة في الطول.

٦- استبعد جميع الأوزان.

هل لاحظت عودة تلك المادة إلى طولها الأصلي؟ إذا كانت الإجابة لا، فاعلم أنك قد تعديت، بالأوزان التي استخدمتها، حد المرونة لتلك المادة، وأن شكلها قد تغير بصفة نهائية.

٧- كرر هذه التجربة مع الحلقات المطاطية أو الزنبركات. هل تلاحظ أنها تسلك نفس السلوك؟ هل تلاحظ أن حد المرونة واحد في جميع هذه المواد؟



كلمات أساسية

- **التضاغط:** هو قوة تبذل لتغيير شكل الأجسام.
- **مرن:** هي صفة تطلق على المواد التي تعود إلى شكلها الأصلي بعد رفع الضغط عنها.
- **التوتر (الشد):** هو القوة المبذولة لشد جسم ما.
- **الالتواء:** هي القوة المبذولة لفتل أو ليّ جسم ما.

وحدات بنائية

معظم الأبنية في حياتنا اليومية، حتى تلك التي في عالم الحيوان، تتكون من عدد من الأبنية الأصغر، أو الوحدات البنائية. وهي تلتحم بعضها ببعض بعناية بالغة كي يستطيع المبنى تحمل الجهد الذي يبذل عليه. وهذه الوحدات البنائية تشمل العوارض الأفقية والأعمدة والشدادات.

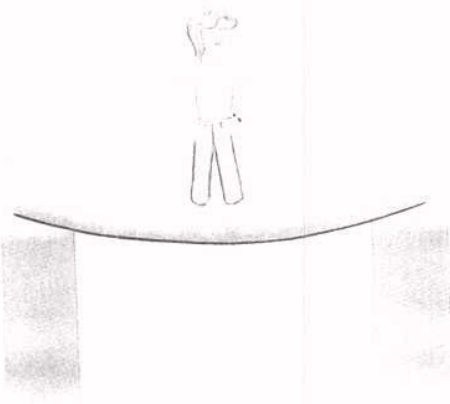
! أول بناء من صنع الإنسان كان عبارة عن كومة من الصخور التي قذفتها البراكين، ليكون بها جزءًا من منطقة سكنية منذ ١٫٧٥٠٫٠٠٠ (مليون وسبعمائة وخمسين ألف سنة خلت).

العوارض الأفقية والأعمدة

العوارض الأفقية (الكمرات) هي قطع من الخشب، أو المعدن أو أي مواد أخرى قوية تستخدم لسد فجوة بين كتفين أو عمودين ولتحمل أثقالاً. وهي مصممة لتحمل قوة الانثناء. عارضة الكابولي تثبت من طرف واحد ويترك الطرف الثاني حرًا لكي توضع عليه بعض الأثقال. وإذا ما كسرت العارضة الأفقية فإنها عادة ما يحدث فيها شرخ عند النقطة التي تكون فيها تحت أكبر قوة شد ممكنة. فمثلاً: إذا كُسِرت عارضة الكابولي سوف تنكسر عند الطرف المثبت في حين أن العوارض الأفقية الأخرى المثبتة من الطرفين تنكسر عند المنتصف. العوارض الأفقية المصنوعة من الصلب التي غالبًا ما تسمى الشدادة، عادة ما تكون مرنة. وفي قطاعها العرضي نرى أنها تتخذ شكل الحرف الإنجليزي H أو I. وهذه الأشكال تساعدها في ألا تنحني في اتجاه معين، كما تساعد في استخدام كمية أقل من الصلب، مما يساعد في تقليل وزنها وكلفتها. كثير من العظام في جسم الثدييات تعمل كعوارض أفقية، لتربط جزأين من الجسم. أما الأعمدة فهي طويلة، تمامًا كالعوارض الأفقية، إلا أنها تستخدم في وضع عمودي وتحمل أوزانًا تتجه من قمتها إلى أسفل. وهي دائمًا في حالة تضاغط. والأعمدة يجب أن تكون الجزء الأقوى والأسمك في أي مبنى، حيث إنها تتحمل معظم الوزن الواقع على المبنى؛ ولذا فهي عادة ما تكون لها أقطار كبيرة. وهذا ما يجعلها ثقيلة جدًا، في المباني الكبيرة جدًا، حيث نجد أن معظم قوة الأعمدة تعمل على حمل وزن العمود نفسه أكثر من حمل بقية المبنى. ولقد صنع قدماء المصريين والإغريق أعمدة معابدهم من الحجر. ولقد صُنع كل عمود من عدد متنوع من الأحجار الصلبة توضع فوق بعضها.



عارضة الكابولي مثبتة من طرف واحد وتحمل ثقلاً عند الطرف الآخر. ترى، أين تكون أضعف نقطة في هذا الكابولي؟



العارضة الأفقية ترتكز على كتفين وتسد الفراغ بينهما وتحمل ثقلاً في المنتصف. ترى أين تكون أضعف نقطة في هذه العارضة؟



الفتحات الموجودة في الجدران لوضع الشبابيك والأبواب، بها عوارض أفقية تسمى عتبة عليا. ما وظيفة هذه العتبات العليا؟

!

يوجد في القاعة التي يرتكز سقفها على أعمدة في معبد الكرنك بمصر، ١٣٤ عمودًا، كل واحد يزيد محيطه على ١٠م ويصل ارتفاعه ٥٠م. لقد انهار السقف وسقط، لكن الأعمدة بقيت إلى يومنا هذا.

غالبًا ما تستخدم أعمدة الخرسانة المسلحة في المباني الحديثة، وهذه الأعمدة قوية ورخيصة. وتوجد الأعمدة في الهياكل العظمية للحيوانات، أيضًا، وهي تقوم بوظيفة مشابهة لتلك التي في المباني. ففي حيوان فقاري ذي أربع أرجل، مثل الظبي، نجد أن عظام الأرجل تقوم بوظيفة الأعمدة. أما الحيوانات الثقيلة جدًا، مثل الخرتيت أو الفيل، فلها عظام أثخن كثيرًا لأن عليها أن تحمل أوزانًا أكبر. من المهم جدًا ألا تكون الأعمدة -ويقصد بها الأرجل هنا-، ثقيلة بقدر كبير، وإلا فإن الحيوان لن يكون قادرًا على تحريك أرجله! (انظر أسفل الصفحة).


أعمدة معبد الكرنك في مصر

قوة الفراغ

يستخدم الأطباء أدق الأنابيب في الجراحات المجهرية الدقيقة. وهذه الأنابيب أدق ٦٠٠ (ستمئة) مرة من شعرة الرأس.

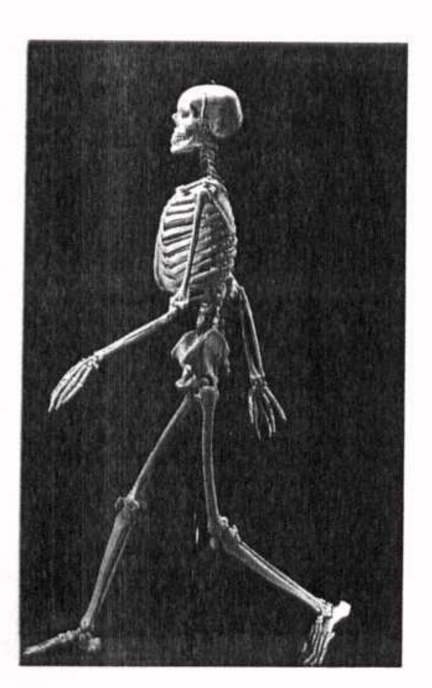
في أغلب الأحيان، يكون من الممكن تطوير أداء تركيب ما، مثل العارضة الأفقية أو العمود بجعلهما مفرغين. ففي العمود مثلاً: تكون القوى التي تقاوم التضاغط أشد بعدًا عن المركز. فالمادة التي في وسط العمود أو العارضة الأفقية لا تضيف كثيرًا إلى قدرة المبنى على مقاومة الانثناء، ومن ثم يمكن التخلص من ذلك الوسط، فالأعمدة والعوارض المفرغة تكاد تكون قوية كالأعمدة والعوارض المصمته لكنها أخف وزنًا وأرخص في تكلفة صناعتها، لأن مواد أقل تدخل فيها.

أثناء إنشاء المبنى تستخدم إطارات قوية خفيفة الوزن من أنابيب الصلب المجوف، تسمى الشدات المعدنية، لتحمل العمال والمواد التي يحتاجونها في البناء. وقد حبى الله الطبيعة بحلول تصميمية تستفيد أيضًا من مميزات الأنابيب المفرغة. فكثير من النباتات لها جذوع مفرغة مع حُزم من الأنسجة الداعمة مصفوفة على شكل حلقات خارج الجذوع. وهذا الوضع يجعل الجذع خفيفًا وقويًا في الوقت نفسه. والخيزران مثال جيد على ذلك. ذلك أن جذوعها المفرغة تقاوم إلى أبعد حد ممكن قوى التضاغط والانثناء. وفي الشرق الأقصى، حيث ينمو الخيزران طبيعيًا فإنه غالبًا ما يستخدم في عمل الشدات عند البناء حيث إنه رخيص جدًا، ومتوافر بشكل واسع ومن الأسهل تداوله بدلاً من الصلب.

تنمو بعض جذوع !! المجوفة لتصل إلى ٢٠م أو



وكثير من العظام في هياكل الفقاريات مفرغة. فعظمة طويلة، مثل عظمة الفخذ، سيكون من الصعب جدًا تحريكها إذا ما كانت مصمتة، أي لا فراغ في وسطها. وبدلاً من ذلك، فهي تتخذ شكل أنبوب مفرغ خفيف وقوي في آن واحد. وهذا الشكل يناسب العظام أكثر مما لو كان على شكل حرف I أو H كما في شدادات الصلب التي تتخذ شكل هذين الحرفين أو واحدًا منهما (انظر صفحة ١٠)، لأنه يقاوم الجهد المبذول عليه من جميع الاتجاهات بنفس القدر بالتساوي، وعظمة الفخذ تحاط بغلاف خارجي خفيف من العظم المصمت. أما الداخل فيتكون من عظم إسفنجي مصنوع من شبكة عظمية تتخلل الفراغات المملوءة دمًا ونخاعًا يشبه الهلام.


أطول العظام في الهيكل العظمي للإنسان مفرغة كي تتحرك بسهولة.

والعظم النقي موجود أسفل عظمة الفخذ باتجاه خطوط الشد والتوتر الرئيسة لمزيد من القوة. أما الغلاف الخارجي فهو رفيع جدًا عن الأطراف العظمية، حيث يكون عرضة لجهد أقل، لكنه أسمك عند الوسط، مما يجعله أقوى وأكثر مقاومة للانحناء والالتواء، ويكون موضوع الوزن أمرًا ملحًا بالنسبة للحيوانات التي تطير. فوزن الطائر خفيف؛ ولذا فإن عظام أجنحته الطويلة يكون بمقدورها أن تحمل وزنًا خفيفًا ولكنها تستطيع أن تتحمل قوى الانثناء والالتواء. ولقد قاربت أجنحة القطرس (طائر بحري كبير) درجة الكمال، فهي مفرغة، مكونة من أسطوانات ذات جدر رفيعة، تجمع بشكل راقٍ بين القوة وخفة الوزن.

تكون أسطوانات الرفاص في السفن الكبيرة مستديرة ومفرغة، أيضًا. ذلك أن عليها أن تتحمل قوة الالتواء عندما تتلوى شفرات الرَفاص مقاومة الماء. وتكون قوة الالتواء في أعلى حدودها واقعة خارج الرَفاص، ومن ثم فإن الصلب الذي يفترض أن يوجد في وسطه يستعاض عنه بفراغ في أفضل الأماكن كي يقاوم قوة التواء الشفرات.

توجد ميزات عديدة لاستخدام الأبنية المفرغة إلا أن هناك حدًا للنحافة التي قد يكون عليها الجدار الذي تدخل في بنائه قوالب الطوب المفرغ. وإذا ما كانت هذه الجدر نحيفة بشكل زائد، فإن القوى البسيطة التي تبذل على جانبيها قد تؤثر عليها مما يجعلها تتقوض. فمثلاً؛ نحتاج إلى قوة كبيرة كي نحطم علبة مشروب مصنوعة من المعدن إذا ضغطنا على طرفيها العلوي والسفلي، ولكن القوة تقل كثيرًا إذا ما ضغطنا على الجانبين للوصول إلى النتيجة نفسها، وهذا التصميم قد يكون مناسبًا لنقل وتداول السوائل إلا أنه لن يكون مناسبًا للمباني الكبرى.

هل يمكنك التفكير في أبنية أخرى مفرغة؟ وفيما تستخدم؟

الأسطح والأوراق والألواح

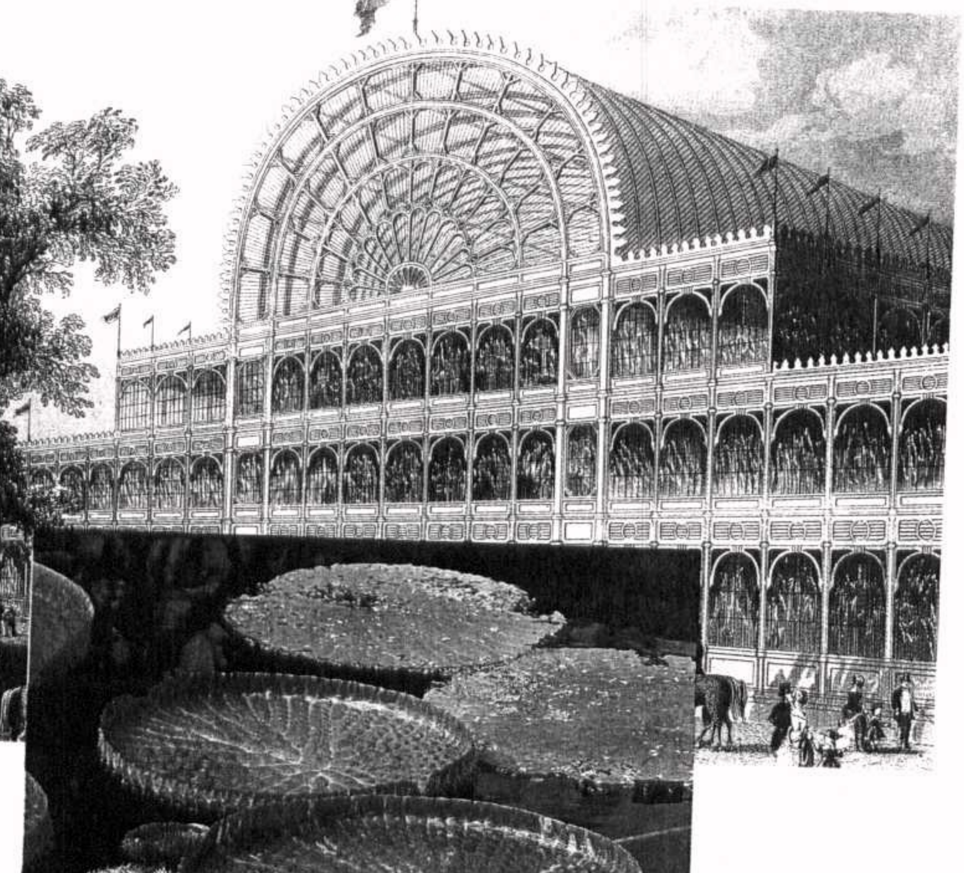
يعرف اللوح على أنه جزء من مادة ما يتخذ شكلاً مستويًا منبسطًا.

ويستفيد كل من الإنسان والنبات والحيوان من فكرة وجود الألواح. وعلى سبيل المثال، فإن أوراق الشجر، وأجنحة الخفاش والأرضيات كلها ألواح. وترتكز الألواح على الأطراف، كما أن الأثقال التي تحملها تنتشر فوق أسطحها؛ ولأن الأسطح كبيرة إلى حد ما فإنه مهم أيضًا أن تكون خفيفة. تحدث شبكة من الأوردة خطوطًا متقاطعة في أوراق النبات؛ ولهذه الأوردة وظيفتان: فكما أنها تقوم بنقل المواد اللازمة للنبات من وإلى الخلايا في داخل الورقة، فإنها توفر أيضًا شكلاً بنائيًا للنبات. ويسمى الوريد الأوسط، وهو عادة الأكبر، (الوريد المركزي). ويمكن لأوراق الزنبق المائية الملكية الموجودة في نهر الأمازون، أن تنمو حتى يصل قطرها إلى مترين. ومع أنها رقيقة إلا أنها قوية، وتساعدها الأوردة الوسطى في الحفاظ على شكلها المتميز. وتنتشر هذه الأوردة في الأوراق بشكل يماثل الأسلاك القوية التي تنطلق من مركز دولاب (إطار) الدراجة العادية أو النارية. وهذه الأوردة تكون عريضة عند المركز إلا أنها تكون منبسطة ومفلطحة عند الأطراف. وتتقاطع هذه الأوردة وتتواصل مع بعضها مكونة شبكة من الخيوط القصيرة كي تتماسك أجزاء النبات بعضها مع بعضها. وقد صمم بعض المعماريين مباني تعتمد على تركيب زنبق الماء الذي أشرنا إليه في الفقرة السابقة، فقد قام جوزيف باكستون بدراسة تركيب ذلك النبات قبل أن يعمم الكريستال بالاس، الذي بني ليكون مقر المعرض الكبير في لندن عام ١٨٥٠م. فقد بني الكريستال بالاس من الحديد والزجاج، بتصميم مؤداه أن تنتشر أضلاع من الحديد والزجاج منطلقة من مركز نصف الدائرة، الذي صمم عليه سقف المبنى، إلى الأطراف وتتقاطع مع بعضها، وقد صممت خطوط التقاطع العليا عند التقاء الأسطح المنحدرة مكونة قناة (أو أخدودًا) ليوجه مياه الأمطار إلى أسفل المبنى حيث توجد أعمدة مجوفة تقوم بدور بواليع الصرف لتلك المياه.


قد تصل أوراق نخيل خيزران الأمازون إلى حوالي ٢٠م طولاً وما يزيد على متر واحد عرضًا.



استخدم ٨٣،٦٠٠م٢ من الزجاج لتغطية الكريستال بالاس. وقد زار المعرض ستة ملايين زائر في خمسة الأشهر الأولى عند افتتاحه. وبعد ذلك تم تفكيك المبنى كلية ونقل إلى مكان آخر في لندن. وقد احترق المبنى في عام ١٩٣٦م.



الكريستال بالاس (إلى أعلى) وزنبقة الماء الملكية (إلى اليمين) وكلاهما يستفيد من نموذج الأضلاع التي تنطلق من مركز الدائرة.

أوراق الزنبق المائي الملكي على درجة من القوة بحيث يستطيع طفل صغير أن يقف عليها دون أن يسقط في الماء.

ويمكن مشاهدة تصاميم مشابهة في أسطح بعض الملاعب الرياضية التي تغطي أماكن الجمهور، حيث نجد دعامات الأسقف تنطلق من نقطة في مركز الدائرة، أو نصف الدائرة.

خلق جناح الخفاش من جلد ممتد على إطار تدعمه عظيمات، وطبقة الجلد التي بين عظيمات الجناح خفيفة، وليس عليها أي فراء يغطيها، ومع ذلك تظل مرنة وقاسية بدرجة تكفي لتحمل ضغوط الطيران.

ويلاحظ أن المواد التي تتخذ شكل ألواح من صنع الإنسان تكون أقسى بكثير من تلك الموجودة في العالم الطبيعي. فالأسطح المستوية، مثلاً، تصنع غالبًا من ألواح الخشب الرقائقي (بليويت)، تكسوه ألواح لباد مغطاة بالقار لحمايتها من التغيرات المناخية. والخشب الرقائقي نفسه مصنوع من ألواح رقيقة من الخشب يتم كبسها ولصقها ببعضها بالغراء. كما أن ألياف الخشب في الطبقات المتجاورة تأخذ اتجاهات مختلفة لتصبح قوتها واحدة عند أي زاوية.

يمكن أن تصبح ألواح المواد الرقيقة قاسية إلى حد ما، وذلك بوضع بعضها فوق بعض في شكل طبقات متتالية. فهذه الطبقات تساعد المادة في عدم الانثناء أو الالتواء عند وضع أثقال عليها. فأشجار النخيل تنمو في مناطق تنشط فيها العواصف والرياح، ومن ثم وجب أن تكون أوراقها قوية يسمح لها بتحمل الأجواء السيئة. ولبعض أشجار النخيل أوراق تنثني عند الأطراف مكونة خط التقاء مما يجعل الأوراق (جريد النخل) قاسية ويصعب تمزيقها. ويستخدم نفس التصميم في الأسقف المتموجة وذلك بتحويل لوح المعدن الرقيق أو البلاستيك إلى ساتر قاس واق من الماء.

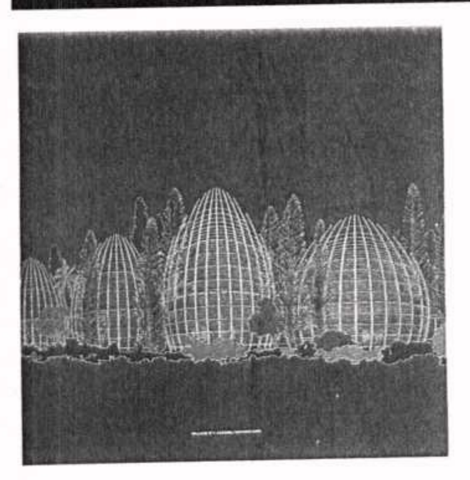
؟ كم من الأشكال المختلفة، تتخذ موادها شكل الألواح، يمكن أن تجدها في البيئة المحيطة بمنزلك؟

الأصداف والقباب

في كل من عالم الأشياء التي صنعها الإنسان والعالم الطبيعي تستخدم القباب الأصداف للحماية، وهي تراكيب غالبًا ما تكون قوية وخفيفة الوزن. فمعروف أن لتصاميم التي تتخذ شكل منحنيات توزع الثقل الواقع عليها على مساحة عريضة. وفي عض الأحيان يكون بالصدفة أو القبة خطوط التقاء لأجزائها أو قطاعات من أضلاع سميكة توفر لها مزيدًا من الدعم والصلابة، تمامًا مثل الأضلاع الموجودة في الزنبق المائي انظر ص١٣).

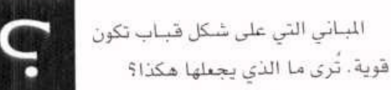
كثير من الحيوانات ذات الأجسام الطرية تعلوها صدفات لتوفر لها الحماية، نالحيوانات ثنائية الصدفة مثل المحار المروحي والرخويات ذات الصدفتين، لها صدفتان عملان على مفصلة.

تتخذ جمجمة الإنسان شكل القبة، وبالنسبة لمبان مثل مدرجات الملاعب الرياضية، كون القباب طريقة مثالية لتغطية مساحات كبيرة دون أن تتقاطع مع أعمدة الدعم التي راها في الأسقف العادية. ويغطي جسم الترسة البحرية، والسلاحف وكذا البطلينوس وهو حيوان من الرخويات يلتصق بالصخور) صدفات على شكل قباب لتحمي أجسامها. لنا أن نعلم، أن قشرة البيضة، التي هي في حقيقتها قبتان ملتحمتان ببعضهما، تحمي لجنين أثناء تكوينه. إن القوة المطلوبة لكسر قشرة البيضة تثير دهشتنا إذا ما دفعنا طرفي لبيضة معًا. يغطي المركز الثقافي لمنطقة المحيط الهادي، في ينوكالدونيا، وحدات مبان على شكل أصداف طولية. وكل صدفة بها ضلاع تنحني إلى الداخل مصنوعة من خشب الصنوبر، ملتصقة ببعض بأسياخ من لحديد الذي لا يصدأ. وهذه الأشكال لا وفر فقط الحماية من تقلبات الطقس، كنها تساعد في تهوية المبنى.



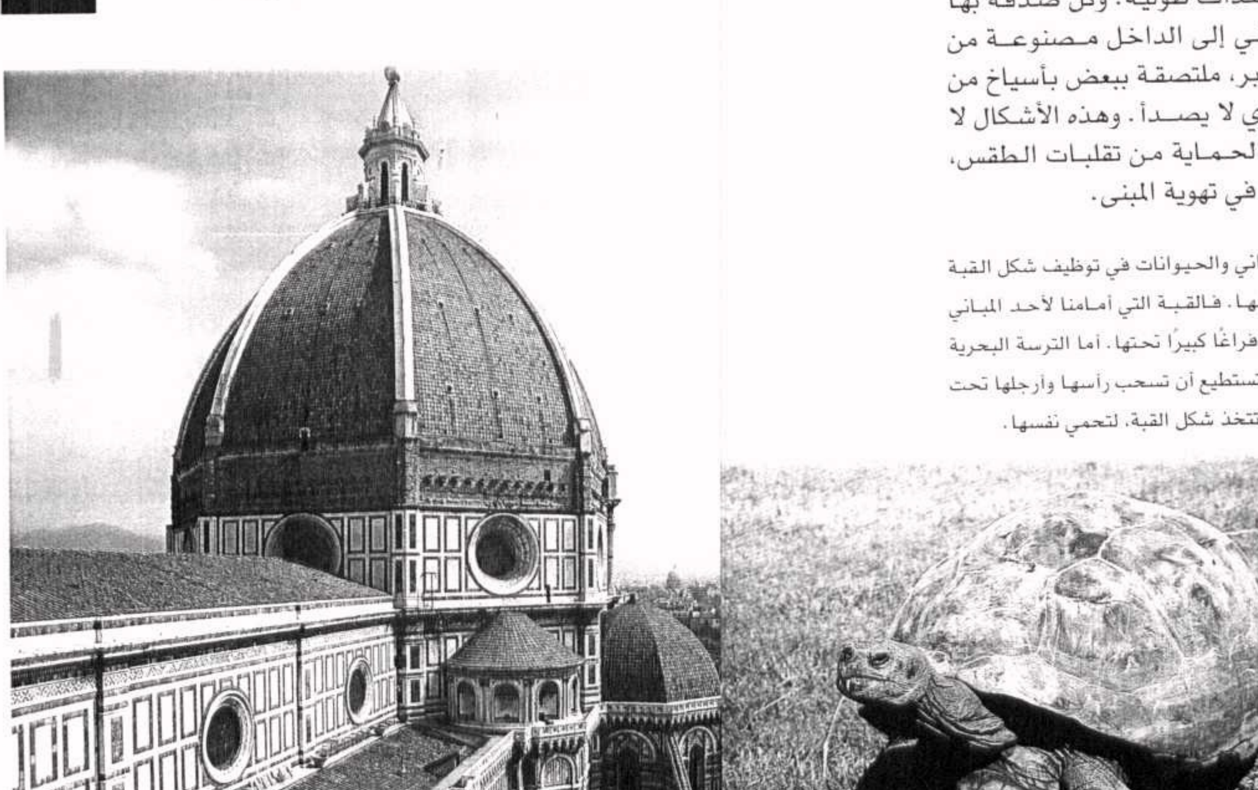
تعمل الأشكال الصدفية المقامة فوق المركز الثقافي في كالدونيا الجديدة على مد الظل وتوجيه رياح الهواء الباردة إلى أسفل المبنى.





المباني التي على شكل قباب تكون قوية. تُرى ما الذي يجعلها هكذا؟

تشترك المباني والحيوانات في توظيف شكل القبة في أداء وظائفها. فالقبة التي أمامنا لأحد المباني (يسارًا) تغطي فراغًا كبيرًا تحتها. أما الترسة البحرية (أسفل) فإنها تستطيع أن تسحب رأسها وأرجلها تحت صدفتها، التي تتخذ شكل القبة، لتحمي نفسها.



المثلثيات والمسدسيات

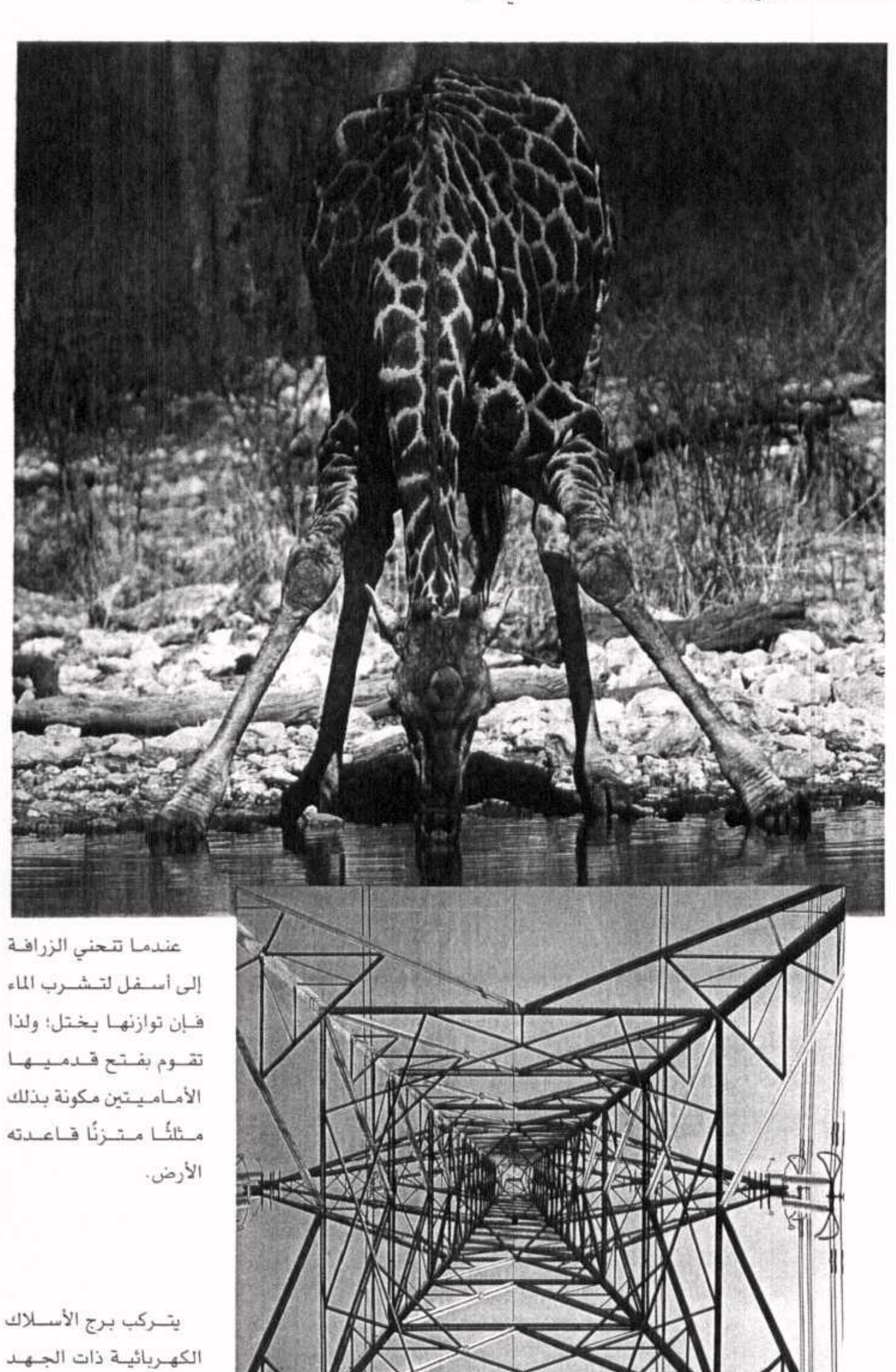
؟ كيف يمكنك جعل مبنى رباعي الجوانب صلبًا؟

تُعد المثلثيات ذات الثلاثة أوجه، والمسدسيات، ذات الستة أوجه من الأشكال المهمة في كل من الأبنية التي يصنعها الإنسان وعالم الطبيعة.

فالمثلث واحد من أهم الأشكال الهندسية الأساسية. ذلك أنه وصل عوارض بعضها ببعض لتكون إطارًا قويًا وصلبًا. وغالبًا ما تتركب الأبنية الضخمة من العديد من الأطر المثلثية الملتصقة بعضها ببعض، فمثلاً، تتكون أبراج الأسلاك الكهربائية ذات الضغط العالي من العديد من عوارض الصلب التي توصل بعضها ببعض مكونة مثلثات. ويسمح التصميم المثلثي بإنشاء أبنية قوية ثلاثية الأبعاد باستخدام الحد الأدنى من المواد. والأحمال توزع على كافة أجزاء التركيب، فبعض العوارض تتحمل الشد الواقع عليها، والبعض الآخر منها يتحمل قوة التضاغط أيضًا. وإذا ما كانت مناطق التحام العوارض بعضها ببعض (المفاصل) قوية وصلبة، فإن المبنى سيكون صلبًا وقويًا. وهذا النمط من التراكيب موجود في أبراج الروافع، والجسور، وفي هياكل الخيام.

كثير من أغلفة البذور مثلثية في قطاعها العرضي، مما يوفر غلافًا قويًا للحماية، ومع ذلك يظل خفيفًا من حيث الوزن. وحتى الزرافة تستخدم المثلث في حياتها ذلك أنها تمد قدميها الأماميتين مفتوحتين لتوفر دعمًا لتوازنها عندما تومئ رقبتها إلى الأرض لتشرب.

وتعتمد أقراص عسل النحل في بنيتها الأساسية على المسدسيات. ذلك أن نحل العسل يقوم ببناء بيوت شمعية في شكل خلايا سداسية ذات جدر تلتقي بعضها ببعض عند زاوية ١٢٠° تمامًا. وهذه الدقة ليست من قبيل الصدفة. فهذه الزاوية تسمح ببناء الحد الأقصى من الخلايا في أضيق حيز ممكن. وليس هناك أي حيز ضائع بين الخلايا. فالجدران مصممة لتكون سميكة بالقدر الذي تتطلبه الضغوط الواقعة على تركيب الخلية، وليس أسمك من ذلك، حتى تستطيع أن تستوعب معظم العسل في أقل كمية من الشمع.



عندما تنحني الزرافة إلى أسفل لتشرب الماء فإن توازنها يختل؛ ولذا تقوم بفتح قدميها الأماميتين مكونة بذلك مثلثًا متزنًا قاعدته الأرض.

يتركب برج الأسلاك الكهربائية ذات الجهد العالي من عديد من المثلثات مكونة شكلاً قويًا ثابتًا.

؟ هل يمكنك التفكير في خمسة أشكال أخرى تعتمد في بنائها على المثلث؟

تقيس النحلة سمك جدار الخلية بالضغط عليه بفكيها وكذلك بملاحظة مقدار انثناء الجدار تحت الضغط الذي تبذله عليه. ولقد درس تشارلز داروين سلوك نحل العسل عن قرب. وقال عنه: لا يمكن للاختبار الطبيعي أن يذهب إلى أبعد مما نراه في هذه المرحلة من الكمال العمراني؛ ذلك أن خلية نحل العسل، إلى الحد الذي رأينا، هي بالقطع كاملة من حيث الاقتصاد في مقدار ساعات العمل وكذا في كمية الشمع المنتج. تحتاج أوراق النباتات أن تكون قوية، وكذلك أن تكون خفيفة بقدر كاف كي يكون النبات قادرًا على تعريضها للشمس. وعند مشاهدة ورقة النبات تحت المجهر فإننا نلاحظ أن نمط الخلايا التي بين السطحين العلوي والسفلي للورقة يشبهان خلية عسل النحل.

تبني نحلة العسل خلاياها بدقة مذهلة، والاختلافات بين جدران الخلايا لا تتعدى ٠,٠٠٢ مم في أحسن الأحوال.

والتراكيب التي يصنعها الإنسان تستفيد من شكل خلية عسل النحل، وعلى سبيل المثال، يجب أن تكون القواطع والأرضيات في الطائرات قوية وصلبة، ومع ذلك خفيفة؛ ولذا يتم حشو ألواح رقيقة بمسدسيات، على شكل خلية النحل مصنوعة من المعدن، لنحصل في النهاية على المادة المطلوبة بتلك الصفات.

تجربة

اختبار الأشكال

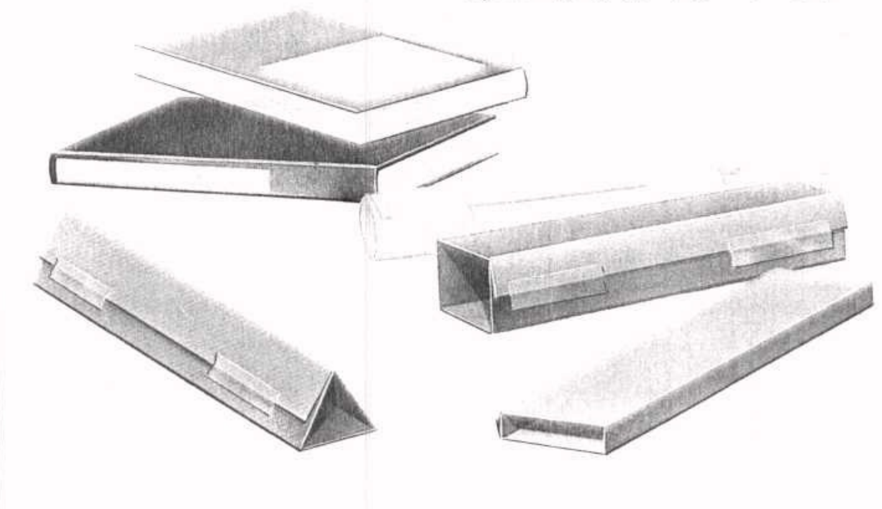
في هذه التجربة سوف تختبر قوة الأشكال المختلفة. ستحتاج لقطع من الورق المقوى الرقيق، كل منها ٢٠سم × ١٥سم، شريط لاصق، وبعض الكتب الصغيرة لتستخدم كأوزان.

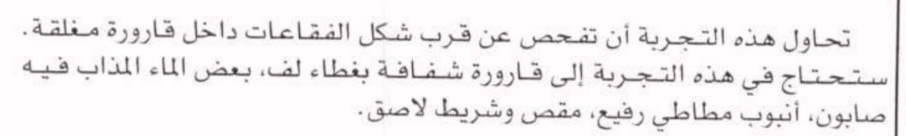
١- باستخدام الورق المقوى والشريط اللاصق، اصنع أجسامًا مفرغة بالأشكال التالية:

مفرغًا قاعدته دائرة، مفرغًا قاعدته مثلث، مفرغًا قاعدته مستطيل، وأخيرًا مفرغًا قاعدته مربع.

٢- اختبر قوة هذه الأشكال بوضعها على جانبها، وضع كتابًا فوق كل منها، وقد تحتاج لأن تضع الكتاب مرتكزًا على بعض الأشكال كالدائري والمثلثي. وبالتدريج، زد الوزن الموضوع فوق كل شكل.

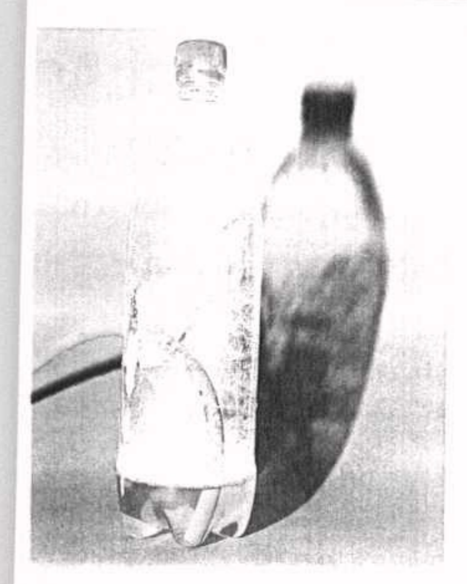
أي الأشكال هي الأقوى؟ ماذا يحدث لو وضعت هذه الأشكال المفرغة على قاعدتها بدلاً من وضعها على جانبها وعليها الكتب؟





تجربة

الأشكال السداسية



تحاول هذه التجربة أن تفحص عن قرب شكل الفقاعات داخل قارورة مغلقة. ستحتاج في هذه التجربة إلى قارورة شفافة بغطاء لف، بعض الماء المذاب فيه صابون، أنبوب مطاطي رفيع، مقص وشريط لاصق.

١- باستخدام طرفي المقص، اثقب جدار القارورة قرب المنتصف لإدخال الأنبوب المطاطي. بعد إدخال الأنبوب ضع شريطًا لاصقًا حول الفتحة لإحكام غلقها.

٢- صب كمية صغيرة من الماء المختلط بالصابون في القارورة وأغلقها بإحكام عند السدادة.

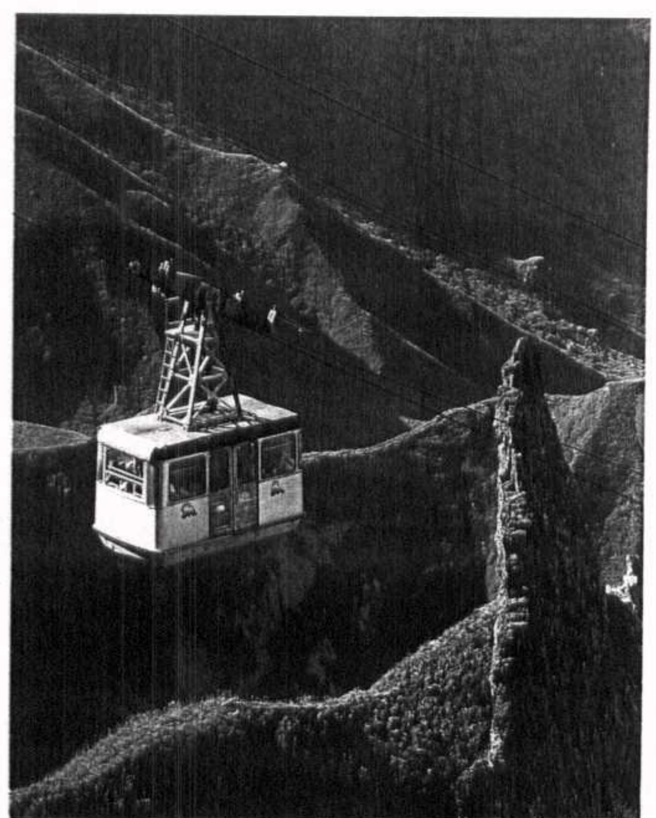
٣- انفخ في الأنبوب حتى تحدث فقاعات في المحلول. استمر في النفخ حتى تمتلئ القارورة بالفقاعات.

٤- تفحص شكل الفقاعات التي تكونت، ستجد أن الفقاعات في منتصف القارورة سداسية الشكل وهي بالأحرى تشبه خلايا عسل النحل.

السلاسل والكوابل

ترى كم نوعًا تستخدم يوميًا من الكوابل والسلاسل بأشكالها المختلفة؟

تكون كل من السلاسل والكوابل من جدائل مادة ما. ولها آلاف الاستخدامات في حياتنا اليومية، بداية من أربطة الأحذية، إلى حبال الغسيل إلى خيط الحياكة والتطريز، إلى سلاسل مراسي السفن إلى حبال سحب السيارات وانتهاءً بدعامات الجسور. وتستخدم السلاسل والكوابل لربط جسمين أو شيئين بعضهما ببعض. فالجزء من الخيط أو السلسلة دائمًا ما يعمل تحت قوة الشد. وهي لا جدوى منها عندما تتضاغط، ذلك أنها تتحمل القوة المبذولة عليها فقط في حال الشد، وإذا رفعت عنها قوة الشد فإنها تتحول ببساطة إلى كومة.



نرى في الصورة سيارة معلقة من سميك.

تستخدم كوابل الصلب الضخمة في بعض أطول الجسور في العالم، وكذلك في الكوابل التي تسير عليها السيارات بين الجبال، وتستخدم كذلك دعامات في الأبنية العالية مثل سواري المحطات الإذاعية واللاسلكية. فهي تدعم الجسر وذلك بشد أجزائه إلى أعلى، أما في ساري اللاسلكي فإنها تشده إلى أسفل، لكنها دائمًا واقعة تحت تأثير قوة الشد.

وتستخدم الكائنات الحية، أيضًا، الكوابل. فجذور النبات تعمل بمثابة كوابل، حيث تعمل على تثبيته في التربة. كما أن عظام وعضلات الثدييات تتصل بعضها ببعض بشكل من أشكال الكوابل لتسمى الأوتار والأربطة. فالأوتار تصل العضلات بالعظام ولذا وجب أن تكون قاسية وغير قابلة للمط أو التمدد وذلك كي لا تزيد أطوالها في حال انقباض العضلات. أما الأربطة، فإنها تربط عظمة بعظمة، ويجب عليها أن تسمح بقدر كاف من الحركة لثني أحد الأطراف؛ ولذا فإنها مرنة قليلاً.

الشبكة العنكبوتية، أو ما يعرف باسم بيت العنكبوت، تركيب يعتمد كلية على خصائص الكوابل كمصدر لقوته، فكوابل العنكبوت عبارة عن مادة غنية بالبروتين كالحرير تفرزها العنكبوت.

وتبدو شبكات العنكبوت تراكيب واهية جداً، إلا أن الحرير قوي بدرجة مدهشة، ومع ذلك فهو مرن أيضًا، حتى إنه يستطيع أن يتحمل تأثير حشرة العنكبوت وهي تطير منتقلة إلى مكان آخر.

والطريقة التي تبني بها العنكبوت هذه الشبكة تعتبر مثالاً جيدًا للكيفية التي يمكن بها إنشاء مبنى بأكمله اعتمادًا على الكوابل فقط. تبدأ أنثى العنكبوت في نسج بيتها بأن تصنع ما يشبه طائرة ورقية بشكل مروحة تسمح بحملها مع حركة الريح، مع التأكيد على أن خيطًا من الحرير العنكبوتي يربط جسمها بتلك الطائرة، وعندما تصطدم الطائرة بغصن شجرة كبير أو صغير فإنها تعود راسية عند الطرف الآخر، وتبدأ في عملية بناء الشبكة ثانية. وهي تسير مع طول الخيط، حتى إذا وصلت منتصفة، تسقط إلى الأرض لتؤمن نسيج خيط آخر يعمل كمرسى أو كمركز لها. وهذا يشكل إطار العمل الأساسي لها. ويضاف مزيد من الخطوط المنطلقة من المرسى أو المركز قبل أن تبدأ في نسج الخيوط اللولبية (العرضية) منطلقة من المركز إلى كافة أجزاء الشبكة.

وفي الحقيقة إن الجزء اللولبي (الحلزوني) من الشبكة ينسج مرتين. في المرة الأولى يبنى بالحرير الذي لا يلتصق. وعندها تقوم بإعادة بناء الجزء الحلزوني، الذي سيقوم باصطياد فريستها من الحشرات، وذلك بأن تآكل الخيط غير اللاصق وتستبدله بخيوط لاصقة بعد التهام فريستها، ومن العجيب، أن أقدام العنكبوت معظاة بالزيت دومًا كي لا تلتصق هي نفسها بخيوط الشبكة.

بعض المباني الحديثة، مثل إكسبو ٩٢ في إسبانيا يستخدم الكوابل لدعم أجزاء المبنى. والطرقات الواسعة يتم تظليلها بألواح مواد كالبلاستيك والمعدن تلصق بعضها ببعض بفضل شبكة من الكوابل. كما أن أماكن الإيواء المؤقتة مثل الخيام تستخدم الكوابل لتثبيتها وبنائها.

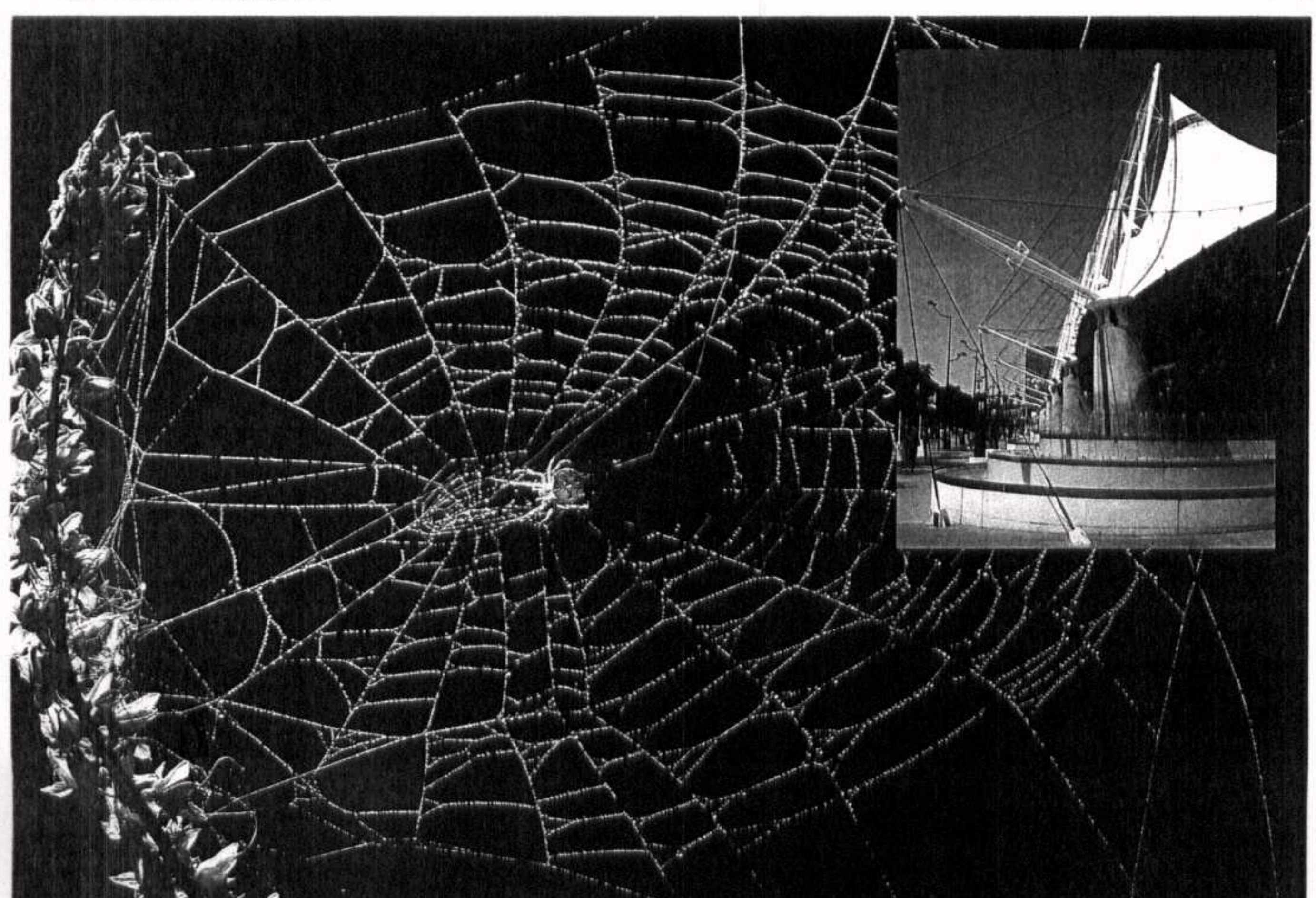
!

بلغ قطر أقوى حبل مصنوع من السلك المعدني ٢٨٢مم، ويستطيع أن يتحمل أوزانًا تصل إلى ٢٢٥٠ طنًا.

!

بلغ قطر أكبر شبكة صنعها عنكبوت، من صانعي الشبكات الكروية، ١٫٥م، وبلغ طول خيوط الشبكة المنطلقة من المركز (حيث مقر العنبكوت) ستة أمتار. وخيوط الحرير قوية لدرجة أنه يمكن استخدامها في شباك صيد السمك.

تشد الكوابل (القوالس) الداعمة لو
الخيمة التي تتخذ شكل السقف، لتغطي ا
المدرجات كما في الصورة يمينًا، إلى سـ
بنفس الطريقة التي تنسج بها العناكب بيـ
(الصورة الكبيرة) حيث تنطلق الخيـ
والكوابل من منطقة المركز المسدس.



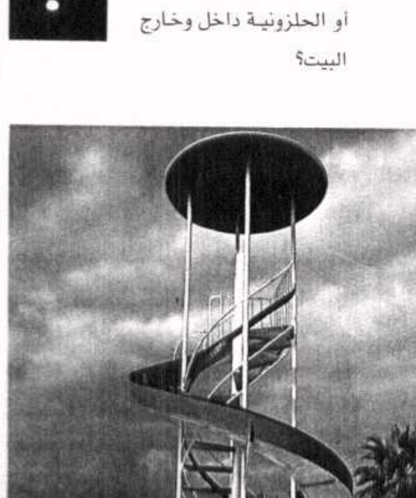
اللولبيات (الحلزونيات)

اللولبيات أو الحلزونيات من الأشكال البنائية المنتشرة في العالم الطبيعي، لكنها أقل انتشارًا في الأبنية التي يصنعها الإنسان. والشكل اللولبي، مثل المسدسيات، شكل هام لأن يستخدم المكان بشكل جيد مستخدمًا الحد الأدنى من كميات المواد الداخلة في البناء. فسلك الهاتف الذي يتخذ شكلاً حلزونيًا يمكن أن يتمدد عند استخدامه، إلا أنه ينضم ثانية ويُدمج عند الانتهاء من استخدامه، والسلم الحلزوني أيضًا يأخذ فراغًا أقل من السلم العادي.

وتعد اللولبيات مهمة بالنسبة للنبات والحيوان، فبالنسبة لبعضها، يسمح لها بالنمو بسهولة دون أي تغير في الشكل. فأصداف القواقع لها شكل حلزوني. وعندما يكبر الحيوان الذي بداخلها، فإنها تضيف لفة حلزونية جديدة للحلزون الأصلي. وبالنسبة لحيوانات ونباتات أخرى يستخدم الشكل اللولبي لتوفير المكان. فغالبًا ما توضع البتلات منتظمة في شكل مدمج داخل البرعم الذي يحمي البتلات قبل تفتح الزهور. وبذور دوار الشمس مرتبة في شكل لولبي صارم، مستفيداً من المكان المتاح إلى أقصى حد ممكن لتخزين البذور.

يوجد في الخلايا كمية هائلة من المعلومات الوراثية لدرجة أنه يلزم أن توضع في النواة بأكبر قدر ممكن من الكفاءة والتمكن، دي. إن. إيه. الذي هو اختصار للحمض النووي (ويانوكسي رايبونيو كليتيدي) هو الجزء الذي يحمل المعلومات الوراثية، وينقلها من جيل إلى جيل. ومعروف أن دي. إن. إيه. ينظم كل مناحي التطور في الجسم. وهو يتكون من سلسلتين جُزئيتين مرتبطتين معًا في شكل لولبي مزدوج يسمى الحلزون، وهو يشبه بالضبط سلمًا تم لف درجاته. والسلسلتان تكونان جانبي السلم بينما درجاته تصنع من الروابط المستعرضة بين السلسلتين. وقد تبين أن الحلزون المزدوج كفؤ بشكل مدهش كطريقة في دمج قدر هائل من المعلومات الوراثية التي تختزن من حمض دي. إن. إيه. في المكان المخصص لنواة الخلية.

؟ هل يمكنك التفكير في مزيد من الأشكال اللولبية أو الحلزونية داخل وخارج البيت؟

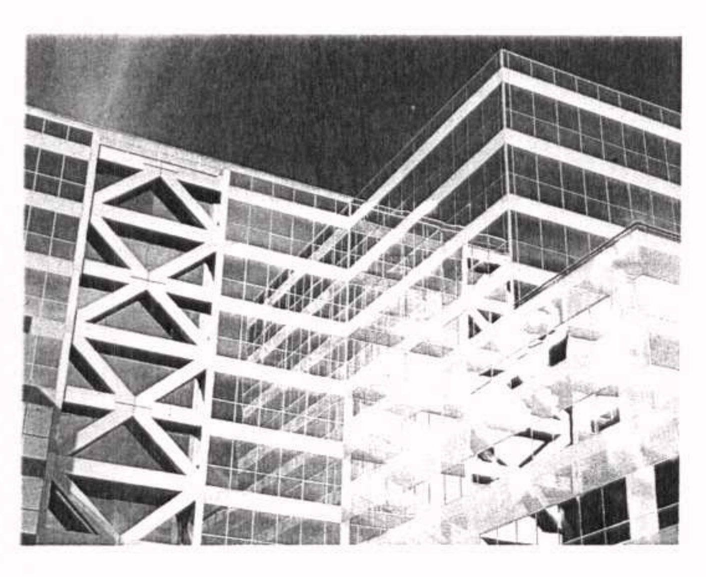


الشكل اللولبي (الحلزوني) هو شكل مدمج يُستخدم في الأبنية التي صنعها الإنسان وكذا في الأبنية الطبيعية. ونرى تطبيقات للولبية المزدوجة في كل من الزلاجة اللولبية (أعلى الصورة) وصورة تركيب الحمض النووي، دي. إن. إيه. التي رسمها الكمبيوتر (يمين الصورة).

كلمات أساسية

- **العارضة الأفقية:** هي قطعة تتخذ شكلاً طوليًا من المادة توضع عرضيًا لتسد فراغًا بين كتفين لتحمل أوزانًا تقع عليها.
- **الكابولي:** هي عارضة أفقية مثبتة من طرف واحد لتحمل أثقالاً على الطرف الثاني.
- **القبة:** هي شكل مقوس يغطي فراغًا كبيرًا تحته.
- **العمود:** هو عارضة تنتصب طوليًا.
- **اللوح:** هو قطعة مسطحة مستوية من المادة.

الأطر والهياكل


في كثير من المباني الحديثة التي تكو جدرانها من الزجاج نرى أن مصدر الدعم يأ من الهيكل المقام داخل المبنى وليس من جدرا الزجاج المقامة خارجه.

يعتمد كثير من الأبنية على وجود هياكل لتوفير الدعم لها. فالهياكل العظمية في الحيوانات توفر لها ذلك الدعم وتحمي أعضاء الجسم.

ومثل تلك الهياكل لها بعض الأعضاء البنائية، مثل الجمجمة، والقفص الصدري، وأيضًا مفاصل بين العظام لتسمح لها بالحركة. أما هياكل النباتات فتوفر الدعم للجذور والأوراق. والمباني أيضًا، تحتاج إلى هياكل تدعم وتحمل المواد الداخلة في تركيب المبنى. وكثير من المباني الحديثة لها هياكل من قضبان الصلب، بينما بعضها الآخر له جدران داعمة من الطوب والخرسانة.

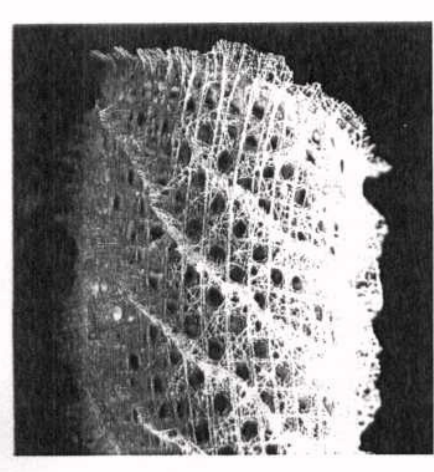
الهياكل هي أجهزة متعددة الأغراض، فهي لا توفر فقط الدعم والحماية، لكنها أيضًا تسمح بمدى واسع من الحركة. وهي تكون هيكلاً يمكن أن تتصل به العضلات يمكن أن تعمل وتتصرف من خلاله. هناك ثلاثة أنواع من الهياكل الحيوانية. في الحيوانات ذات الهيكل العظمي الداخلي، فإن العظام توجد داخل العضلات. والفقاريات مثل السمك، والزواحف، والطيور والثدييات كلها ذات هياكل عظمية داخلية. أما الحيوانات مثل الحشرات فلها هياكل عظمية خارجية، تشكل غطاءً خارجيًا قاسيًا للجسم مع وجود العضلات بالداخل. أما الديدان، فلها هيكل عظمي مائي (مائع): ذلك أن دعم أجسامها يأتي من وجود سائل داخل الجسم.


إن بعض عظام جماجم الأطفال حديثي الولادة لا تكون ملتحمة بعضها ببعض، إنما هي تلتحم أثناء الأشهر الأولى بعد الولادة.

هل تعرف لماذا لا تكون هذه العظام ملتحمة عند الولادة؟

يتكون الهيكل العظمي الداخلي من سلسلة من العظام تتصل بعضها ببعض بالمفاصل، مع وجودالعضلات خارج العظام. وتتحرك العظام عندما تنقبض العضلات. وبعض العظام مثل عظام الجمجمة والفخذين تصنع من عظام متعددة تدمج بعضها ببعض. وهذا يعطي قوة إضافية ويوفر دعماً للعضو.

وتوجد الهياكل العظمية الخارجية في عدد من المجموعات الحيوانية، وأكثرها انشاراً المفصليات، وهي حيوانات لها أطراف تتصل بعضها ببعض عن طريق المفاصل، مثل السرطان (الكابوريا)، والعناكب، وأم أربع وأربعين، والدودة الألفية (ذات الألف رجل) وجميع الحشرات. والهيكل الخارجي يوفر دعمًا للحيوان، كما أنه يوفر حماية كبيرة له، لكن له بعض المساوئ. ذلك أن الهيكل الخارجي لا يمكنه أن يتمدد كي يسمح بنمو الحيوان، على عكس العظم الذي يظل يزداد حجمًا حتى اكتمال نمو الحيوان، وهذا يعني أنه لكي ينمو فإن الحيوانات ذات الهيكل الخارجي عليها أن تطرح أو تتخلص من هياكلها القديمة لتكشف عن هيكل آخر جديد تحته. وقبل أن يتصلب الهيكل الجديد، يتحدد جسم الحيوان بفعل السوائل التي يمتصها. وكثير من الحشرات عليها أن تغير هياكلها الخارجية قبل أن يكتمل حجمها. ويلاحظ أن الهياكل الخارجية ثقيلة بعض الشيء، وتعيق حركة الحيوان. وهذا يعني أن تلك الحيوانات لا تستطيع أن تنمو لتصبح كبيرة الجسم إلا إذا توفر الدعم لأجسامها من المياه التي تعيش فيها، كما في حالة جراد البحر والكابوريا.


فحص دقيق للسلسلة الإسفنجية التي تحمل زهرة فينوس.

الإسفنجيات حيوانات مائية لها هياكل داخلية، والإسفنج المعروف بزهرة فينوس له هيكل داخلي أنبوبي ويشبه الشريط المصنوع من نتوءات مستدقة من مادة صلبة تسمى السيلكا (ثاني أوكسيد السيليكون). تترابط هذه النتوءات داخليًا مكونة هيكلاً. هذا الهيكل المغطى بطبقة من الخلايا الحية، يمثل تصميمًا ذا كفاءة عالية، فهو يوفر قوة عظيمة مع استخدام الحد الأدنى من المادة الداخلية في تركيبه.

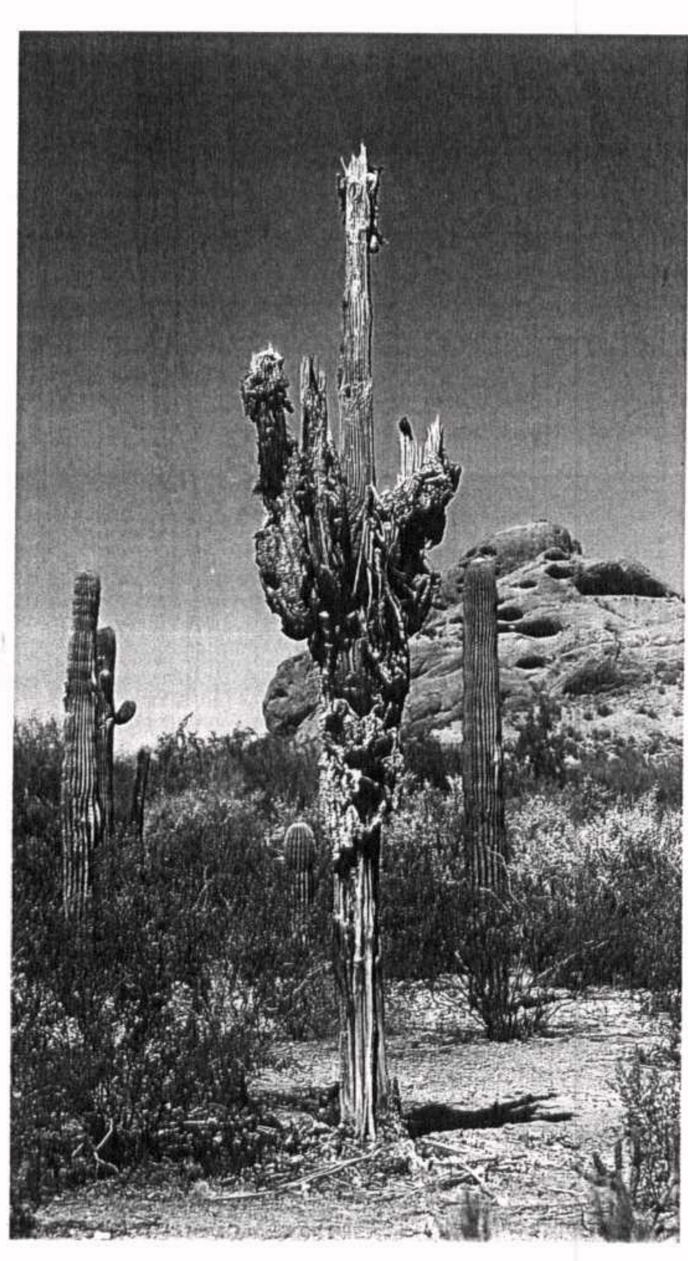
في الهيكل العظمي للإنسان ما يزيد على مائتي عظمة يوجد ٢٧ عظمة في اليد وحدها، وتوجد أصغر العظام في الأذن، واحدة منها، تعرف باسم الركاب، يبلغ طولها ٣مم فقط لكنها أساسية في إكمال عملية السمع.

للنباتات هياكل داخلية. جميع الخلايا النباتية محاطة بجدار من السيليولوز وهو مادة ساسية تكوِّن جدار الخلية، وهذا يوفر الدعم والحماية للخلية. وتنتشر في النبات سلسلة ن الأنابيب تسمى الأوعية الخشبية (الزيلم) التي تنقل الماء إلى النبات وتوفر الدعم له. لا مكن رؤية هيكل النبات من الخارج وهو حي، لكنه ينكشف غالبًا عندما يموت النبات؛ لأن لمادة الداعمة للنبات تستغرق وقتًا طويلاً حتى تتحلل.

توجد أوجه شبه كبيرة بين الهياكل والمباني، فالجدران الخارجية في المباني التقليدية وفر الدعم بالطريقة نفسها التي يعمل بها الهيكل الخارجي للحيوان. لكن إنشاء بعض لمباني الحديثة يعتمد على هيكل يقوم بالدور نفسه الذي يقوم به الهيكل الداخلي في لفقاريات. فالمباني التي تصنع جدرانها من الزجاج مثلاً؛ لها هيكل داخلي من الصلب أو لخرسانة، والجدار الزجاجي الخارجي لا يوفر أي دعم؛ وهو مجرد ستار واقٍ، بالأحرى ىو يشبه الجلد عند الإنسان أو الحيوان.



تكوِّن العوالق المسماة دياتومات، (وهي طحالب نهرية و بحرية وحيدة الخلية ترى بالمجهر فقط وجدارها ـشبع بالسليكا) تراكيب قوية بشكل يثير الدهشة. هذه النباتات الدقيقة لها هيكل من السيليكا ينقسم لى قسمين يسميان الصمامين. يلتحم الصمامان ـكونين تركيبًا يشبه صندوقًا عليه غطاء.

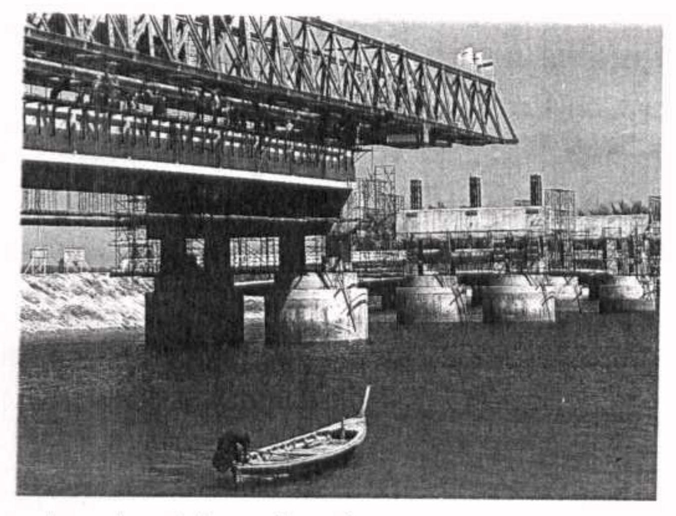


في صحاري أريزونا، بالولايات المتحدة الأمريكية، تظل هياكل صبار الساجورا واقفة في مكانها لعدة سنوات بعد أن تموت نبتة الصبار نفسها.

كلمات أساسية

- **الهيكل الداخلي:** هو هيكل موجود داخل الجسم عليه عضلات من الخارج.
- **الهيكل الخارجي:** هو هيكل موجود خارج الجسم وتكون العضلات داخل الجسم.
- **الهيكل:** هو البناء الذي يقوم عليه جسم الحيوان أو النبات.

الجسور والسدود والأنفاق



الجسر الحديدي نموذج من الجسور العر[ضية] التي تعطي مزيدًا من القوة نظرًا لاستخد[ام] المثلثيات. ويتم بناء هذا الجسر، الآن في تايلاند

الجسور والسدود والأنفاق جميعها متشابهة؛ لأنها تغطي فراغًا بين طرفين كما أنها تحمل أثقالاً. والكثير منها يستخدم تصميمًا قوسيًا في مكان ما. وهذه التراكيب جميعًا موجودة في كل من التراكيب التي يصنعها الإنسان والتراكيب الموجودة في العالم الطبيعي.

ولقد استغرق الإنسان آلاف السنين حتى استطاع أن يكتسب المهارات اللازمة لإنشاء هذه الأبنية، التي غالبًا ما تكون معقدة، وقد توصل الإنسان إلى الكثير من الحلول بتكريس مبدأ التجربة والخطأ، ولقد واجهت الحيوانات التحديات نفسها، التي واجهها الإنسان، عند تعاملها مع تلك التصاميم. ولقد ابتكرت الحيوانات حلولاً خاصة بها عبر سنوات أطول من تلك التي استغرقها الإنسان.

الجسور ذات الدعامات العرضية

من المحتمل أن الجسور الأولى كانت في شكل جذوع أشجار توضع بعرض جداول الماء، أما اليوم فإن جسورًا طويلة تعلو الأنهار والطرق والسكك الحديدية، وهي تمثل أجزاءً هامة في منظومة مواصلاتها. والمشكلة الرئيسة بالنسبة للجسور هي أنها تميل لأن ترتخي عند الوسط ثم تنهار؛ ولذا فإن جزءًا هامًا من تصميم الجسر يهتم بإيجاد السبل لمنع هذا الخلل. وهناك ثلاثة أنواع من الجسور تعرف بالجسور العرضية، والقوسية والمعلقة.

وأبسط تصميم للجسر هو تصور وجود دعامة عرضية لتتحمل أوزانًا كبيرة تلقى دعمًا عند طرفيها. وهي مناسبة للجسور التي لا تحتاج أن تكون طويلة أو مرتفعة.

تجربة

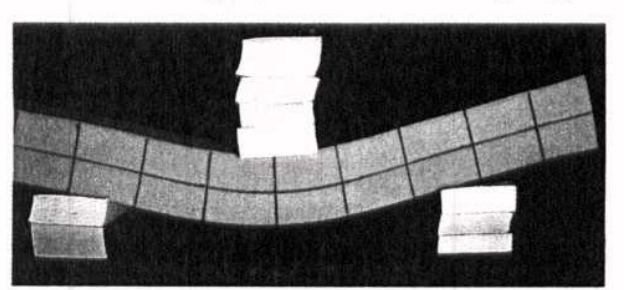
اختبار الجسر ذي الدعامة العرضية

سوف تكتشف في هذه التجربة أي الأجزاء في الجسور ذات الدعامة المستعرضة متضاغط، وأي الأجزء يقع تحت قوة الشد ستحتاج إلى قطعة من الفلين الأبيض لطول ١م × ١٠سم عرض × ١٠سم سمك، قلم فلوماستر، مسطرة طويلة، وبعض الكتب.

١- ارسم سلسلة من الخطوط العمودية يفصل بين كل منها ١٠سم بطول لوح الفلين.

٢- ارسم خطًا أفقيًا في منتصف اللوح بطوله متعامدًا مع الخطوط العمودية. الآن، لابد أنك لاحظت أن لديك صفين من الأشكا[ل] المستطيلة.

٣- باستخدام بعض الكتب، ضع عددًا منها بعضها فوق بعض في كومتين، مكونًا كتفين بارتفاع واحد متساو وضع لوح الفلين لتغط[ي] الفراغ الذي بين هذين الكتفين. ثم ضع كتابًا على منتصف اللوح ليمثل وزنًا افتراضيًا فوقه. أضف كتابًا ثانيًا وثالثًا حتى يبدأ اللو[ح] في الانحناء والهبوط إلى أسفل.



ماذا يحدث للوح؟ أي الأجزاء تضاغطت؟ أي الأجزاء وقعت تح[ت] تأثير قوة الشد؟ كرر هذه التجربة مع تغيير أماكنها بعيدًا ع[ن] المنتصف.

كم عدد الكتب التي تحتاجها في كل مرة حتى يهبط اللوح ويوشك أ[ن] ينهار؟

فوضع جذع شجرة أو خشبة عريضة بعرض النهر مرتكزة على طرفيه، هو بمثابة جسر عرضي ذي دعامتين، وعادة ما يرتكز طرفا الجسر على دعامتين. ويمكن تقويته ببناء عمود أو أكثر، يسمى ركيزة، تحت منتصف المنطقة التي يمتد عليها الجسر.

والجسر الكابولي يستخدم دعامات عرضية لتوفير الدعم له وكذا ليسمح بالامتداد على أكبر مساحة ممكنة بعرض الجسر، ففيه الدعامتان العرضيتان الخارجيتان على كلا الكتفين (أو رأسي الجسر)، تحملان دعامة ثالثة في المنتصف. أحد طرفي الدعامتين يكون مثبتًا بقوة على رأس الجسر، بينما الدعامة التي في المنتصف تكون على ركيزة تثبتها وتوفر لها الدعم. ولهذا يكون الطرفان الآخران للدعامتين قادرين على حمل ودعم وسط الجسر حيث الدعامة العرضية الثالثة.

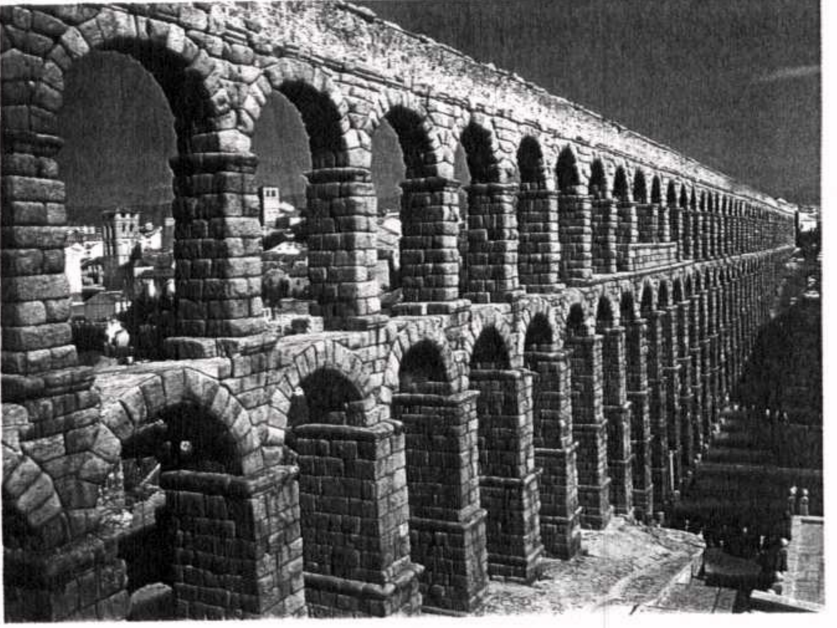
يستخدم هذا الجسر الكابولي البسيط دعامتين عرضيتين ثابتتين، مع دعامة ثالثة في المنتصف.

الجسور القوسية

تستطيع الجسور القوسية أن تسد فجوات كبيرة وفي حين تنهار الجسور العادية، فالجسر القوسي الحجري مكون من عدد من القطع الصلبة الصغيرة التي تتخذ الشكل الوتدي وتثبت في مكانها من الجسر بسبب أوزانها التي تجعل قطع الجسر المختلفة تتضاغط كل واحدة باتجاه الأخرى. أما الجزء الوتدي المركزي أو الكتلة الرئيسة للجسر فإنها تنقل الأحمال التي تقع عليها إلى جيرانها من الأشجار، التي بدورها تنقل هذا الحمل إلى جانبي القوس باتجاه الأسفل إلى أرض الجسر.

أما الأبنية القوسية الحديثة فغالبًا ما تصنع في شكل قطعة واحدة وذلك بصب الخرسانة في قوالب. ويلاحظ في الجسور القوسية أن الأحمال تميل إلى أن تدفع الركائز التي أسفل الجسر إلى الخارج؛ لذا فإن الركيزتين الرئيستين على طرفي الجسر والأساسات تكون دومًا مطلوبة لتوفير الدعم للجسر، في بعض الأحيان، يكون ضروريًا إقامة سلسلة كاملة من الأقواس في الجسور القوسية فوق الأنهار كي يمكن -نظريًا- أن ينتقل تأثير الأوزان إلى ضفتي النهر.

يحول هذا الجسر القوسي الأحمال التي تقع عليه إلى ضفتي النهر.



يتكون مجرى المياه هذا، الموجود في إسبانيا الذي استخدم يومًا ما في نقل الماء، من صفين من الأقواس التي تعلو وتغطي فراغًا كبيرًا.

وتعود أوائل التراكيب القوسية إلى بلاد ما بين الرافدين منذ أربعة آلاف سنة خلت. ولقد طور الرومانيون التصاميم القوسية أبعد من ذلك، فصنعوا منها مجاري لنقل المياه وذلك ببناء جسور متعددة الأقواس كل منها فوق الآخر. والتراكيب القوسية الطبيعية موجودة في كثير من سلاسل الصخور. وهي ناتجة من تعرضها للعوامل الجوية، فالتعرية سواء بفعل المياه أم الرياح تجعل الصخور تتآكل تدريجيًا، وغالبًا، ما يتبقى من تلك الصخور يكون هو الشكل القوسي، لأن هذا الشكل قوي جدًا، ومستقر أيضًا.

؟

تستفيد كثير من الأبنية، خلاف الجسور، من فكرة الأقواس. ترى في أي أماكن أخرى شاهدت هذا التصميم؟

الجسور المعلقة

تغطي الجسور المعلقة فراغات كبيرة بين نقطتين بسهولة. ويأتي الدعم الأساسي للجسر المعلق من اثنين من الكوابل الضخمة التي تشد أعلى الطريق المقام على الجسر بعمودين مثبتين على طرفي الجسر. والكوابل ليست مشدودة بقوة.

لكنها تترك في شكل منحن فوق الجسر. ويتدلى من الكوابل الرئيسة كوابل أخف وزنًا، في وضع عمودي وتثبت بجسم الجسر موفرة دعمًا للجسر والطريق المقام عليه. والكوابل جميعها واقعة تحت تأثير قوة الشد بما فيها الكوابل الرئيسة التي تتخذ شكل المنحنى التي تبدو كأنها حرة وليست مشدودة، كما أن الأعمدة واقعة تحت قوة تضاغط ناتجة عن شد كوابل الجسر عند الطرفين. ويبقى القول: إن الكباري المعلقة بسيطة نسبيًا ورخيصة من حيث تكلفتها عند البناء، كما أن المواد الداخلة في تركيبها تستخدم بكفاءة.



يبنى حاليًا، في اليابان أطول جسر في العالم، من قطعة واحدة، وهو مصمم على فكرة الكابولي المشدود. وسوف يربط ما بين جزيرتي هونشو وشيكوكو. وعندما يتم الانتهاء منه في عام ١٩٩٨م، سيبلغ الطول الإجمالي لجسر أكاشي كايو ٣٥٦٠ مترًا مع دعامة مركزية يصل طولها إلى ١٩٩٠م.

تستخدم الجسور المعلقة في جميع أنحاء العالم. وجسر البوابة الذهبية في سان فرانسيسكو، بالولايات المتحدة الأمريكية، (الصورة الرئيسة) مصنوع بكامله من الصلب. ويمكن استخدام مواد أخرى في أماكن أخرى من العالم، كالخيزران أو مواد أخرى طبيعية (الصورة الصغرى، من مدينة بابيوا في غينيا).

ينظر إلى الجسر المدعوم بالكوابل على أنه صورة معدلة من الجسر المعلق. ذلك أن كوابل الدعم تصل مباشرة من الطريق المقام على الجسر إلى قمة أقرب الأعمدة المقامة، وهذا التصميم يجعل المبنى أكثر بساطة، وأبعد من ذلك أنه يقلل المواد المطلوبة في البناء، مما يجعله التصميم الأكثر كفاءة بالنسبة للجسور ذات الدعامات العرضية الضخمة.

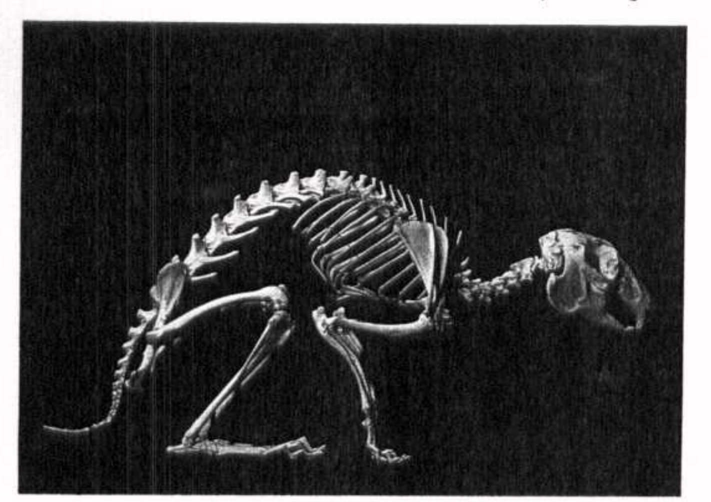


يشبه الجسر المدعوم بالكوابل الجسر المعلق إلا أنه أبسط منه.

ظهر الحيوان كجسر مثالي

؟ هل يمكنك ملاحظة أي أوجه تشابه بين الهيكل العظمي للأرنب في هذه الصورة والجسر؟

غالبًا ما تقارن ظهور الحيوانات ذات الأرجل الأربعة بالجسور. فعندما يقف الحيوان على أرجله في شكل مربع، فإن معظم وزنه يكون معلقًا عند عموده الفقري. والعمود الفقري مصنوع من سلسلة من العظام الأصغر، تسمى الفقرات، وكل واحدة تفصل عن الأخرى بإسطوانة غضروفية، والظهر عادة ما يكون تحت قوة التضاغط، وذلك أشبه ما يكون بالطريق المقام فوق الجسر. كما أن الأربطة -أيضًا- تصل فقرة بفقرة. وعند وقوع الظهر تحت قوة الشد، فإن الأربطة تقوي العمود الفقري وتمنع الحركة الزائدة، ويقع معظم الوزن على الأرجل الخلفية وعظام الفخذين بنفس الطريقة التي تمتص بها ركائز الجسر تأثير الأوزان التي عليه.



الهيكل العظمي للأرنب

وتسند عظام الكتفين، ثقل الرأس، وتقوم العضلات والأربطة بالحفاظ عليه مستقرًا في مكانه، بغض النظر عن حركة بقية أعضاء الجسم. ويعتبر العمود الفقري بكل هذه العظام والأربطة والعضلات أكثر تعقيدًا بكثير من أي جسر بسيط صنعه الإنسان. والعمود الفقري للحيوان لا يلزم فقط أن يسند وزن جسم الحيوان، لكنه يلزم أيضًا أن يكون قادرًا على الانحناء من جانب إلى آخر وأن يتحرك بمرونة إلى أعلى وإلى أسفل. ورغم أن جميع الجسور تهبط قليلاً إلى أسفل تحت تأثير الأوزان، إلا أن درجة المرونة الموجودة في العمود الفقري للحيوان، تصبح بمثابة آخر شيء يصبو المهندس لتحقيقه في بناء جسر ما.

تحد! هل تستطيع بناء جسر من الإسباجيتي؟

في هذا التحدي يتوجب عليك صنع جسر ليحمل نماذج سيارات عبر مسافة تمتد إلى ثلاثين مترًا عرضًا لتغطى الفجوة بين نقطتين. ومن اللازم أن يكون الجسر قادرًا على حمل سيارتين (من النماذج) تتوقفان جنبًا إلى جنب في منتصف الجسر. وكل ما لديك لعمل هذا الجسر هو كومة من السباجيتي الطويلة وبعض الماء. مفتاح المساعدة: لا يجب أن تظل السباجيتي جافة ويمكن تكسيرها إلى أطوال أقل. وتستطيع أن تطبخها أيضًا!!

بناء السدود

يعرف السد على أنه حاجز في عرض النهر، وهو يوقف تدفق الماء الذي يتجمع خلفه مكونًا بركة أو بحيرة. والحيوانات -كما الإنسان- تبني السدود.

ويعتبر القندس (السمور، حيوان من القواضم ثمين الفرو)، الموجود في شمال أمريكا وأجزاء من أوروبا، خبيرًا في بناء السدود. فالسد يوفر حماية له من الحيوانات المفترسة، كما يوفر له بيتًا وكذلك مكاناً لتخزين الطعام، وذلك في فترات الجفاف.



للقندس (السمور) أسنان قوية جدًا يستخدمها في قضم الأشجار الصغيرة لبناء السدود.



قد تكون قوة الشد في سد الطين والعيدان التي ينشئها القندس مساوية لقوة الخرسانة المسلحة.

يبني القندس الجدار الرئيس للسدود وذلك بغرس عيدان عموديًا في قاع النهر وبعد ذلك يضع أفرع شجر وعيدانًا صغيرة أفقيًا عليها. بعد ذلك يقوم القندس بتغطية البناء كله بالحصى الصغير، مما يكسب البناء ثقلاً إضافيًا. بعد ذلك يقوم بوضع الطين فوق البناء بأكلمه، وبذلك تتماسك أجزاؤه ويصبح السد مانعًا لدخول الماء إليه. ويتوفر في السد صفات متميزة منها: أن الجانب المبني ضد تيار الماء يكون في شكل سفح جبلي شديد الانحدار إلى أعلى ومغطى جيدًا بالطين، أما الجانب الآخر من السد الذي يكون مع التيار ينحدر إلى أسفل تدريجيًا، وهو مغطى بعيدان وضعت متوازية مع ضفتي النهر. وهذا يساعد السد في تحمل الضغط الناتج عن البحيرة التي سوف تتكون نتيجة الفيضان أو المطر. وينشئ القندس قناة لتصريف المياه الزائدة عند كل طرف من طرفي السد، تسمح بتصريف الماء الزائد. والسد يحتاج إلى صيانة دائمة. فقنوات تصريف الماء الزائد يجب أن يتم تعميقها بعد كل مرة تسقط فيها الأمطار الغزيرة لتخفيف الضغط على السد، وبعد ذلك يعاد بناؤها، وذلك يوقف المزيد من المياه التي تنطلق من البحيرة. ومعروف أن سدود القندس تبقى في قاع النهر أو البحيرة لسنوات طويلة لتستخدمها الأجيال التالية من الحيوان، وهذه السدود غالبًا ما تغير مظهر الوادي بأكمله مكونة سلسلة من البحيرات الصغيرة، التي لم يكن لأي منها وجود فيما مضى، مما يؤدي إلى تكوين مواطن رطبة جديدة، وتدريجيًا تجف مياه البحيرة مخلفة الطين والوحل الذي يتحول إلى مستنقع تستعمره أنواع جديدة من النبات. وعندما تختفي المياه تضطر حيوانات القندس لأن تهجر سدودها، وبعد ذلك تغطي الأعشاب الجافة الأرض.

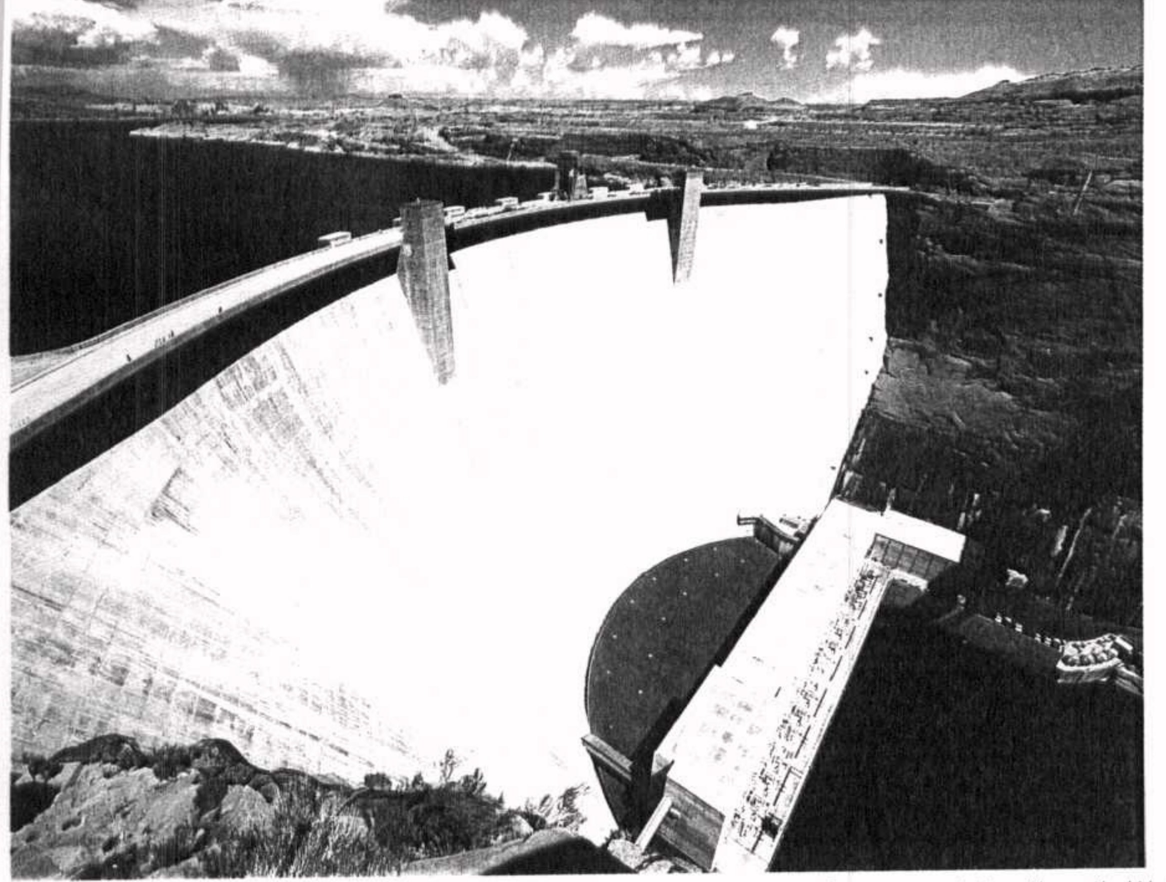
ويبني الناس السدود أيضًا. تبنى بعض السدود لمنع الفيضانات وذلك بالتحكم في تدفق المياه. وبعضها يوفر الماء اللازم لتنظيم الري، بينما بعضها الآخر يستخدم المياه في توليد الكهرباء.

أضخم السدود التي صنعها الإنسان هي السدود الجدارية، أو سدود التحمل، ذلك أن منطقة قاعدة السد هي الأعرض، حيث ضغط الماء في أعلى معدل له، ويبدأ السد ينحدر إلى أعلى متخذًا شكل سفح جبل، حتى يصبح ضيقًا نسبيًا عندما يلتقي وجهاه في خط التقاء ضيق عند القمة.

ومعروف أن القلب الطيني أو الخرساني للسد يمتد إلى عمق بعيد في الأرض، وذلك ليمنع الماء من التجمع تحت قواعد السد. وقد توجد بعض المساحات المفرغة في السد الخرساني للتقليل من كمية المواد المستخدمة في البناء، وهذه الفراغات تسمح لفرق الصيانة بتفقد السد أولاً بأول.

؟

كيف يمكن استخدام الماء لتوليد الكهرباء؟

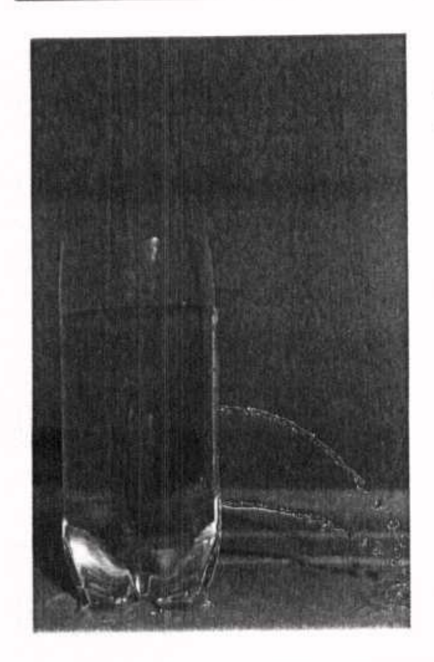


يجب أن يكون السد المقام على نهر كولورادو، بالولايات المتحدة الأمريكية، قويًا بقدر كاف يسمح له بتحمل وزن المياه في البحيرة التي خلفه.

أما السدود الأصغر حجمًا والأقل تحملاً فتشمل السد الكابولي الذي يتم تسليحه بشبكة من قضبان الصلب، والسد القوسي، الذي يشترك مع الجسر القوسي في أنه ينقل الوزن الواقع عليه بفعل الماء إلى جانبي الوادي. ويوجد أكبر سد في العالم في إيتايبو على حدود البرازيل وباراجوي في أمريكا الجنوبية ويبلغ طوله ٨كم، وارتفاعه ١٨٠م ويحوي جسمه ٢٨ مليون طن من الخرسانة. ويخطط الصينيون لبناء حتى ما هو أكبر من هذا السد بعرض نهر يانجستي. والسد ذو الكتل الثلاث سينتج ٨٤ بليون (ألف مليون) كيلووات ساعة من الكهرباء سنويًا من الطاقة الكهربية المائية وهو ما يعادل سدس إجمالي الطاقة الكهربية للدولة. كما أن أكثر من ١.٧ مليون نسمة سوف يتحتم نقلهم وإعادة تسكينهم في مناطق جديدة بسبب الزيادة في مناسيب المياه في منطقة السد.

تجربة

ضغط المياه



تظهر هذه التجربة كيف أن ضغط الماء يزيد مع عمقه. ستحتاج في هذه التجربة إلى قارورة بلاستيكية مانعة لدخول الماء إليها. ويجب أن تقوم بهذه التجربة على لوح التجفيف بالقرب من حوض المطبخ، أو في مكان خارج البيت.

١- اقطع فوهة القارورة البلاستيكية.

٢- باستخدام طرف المقص اثقب القارورة محدثًا أربعة ثقوب على مسافات متساوية من أعلى القارورة وحتى قاعها. تأكد من استخدامك للمقص بعناية لئلا تؤذي نفسك.

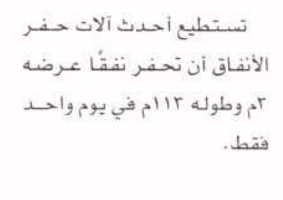
٣- غط جميع الثقوب التي أحدثتها بشريط لاصق طويل.

٤- املأ القارورة حتى فوهتها بالماء.

٥- بسرعة، انزع الشريط اللاصق وراقب كيفية اندفاع الماء من الفتحات الأربع.

ترى من أي ثقب كان، اندفاع الماء الأقوى؟ هل يفسر هذا السبب في أن السد يجب أن يكون أسمك عند القاعدة منه عند القمة؟ لماذا لا نلاحظ اندفاع الماء من الثقبين الأولين عند قمة القارورة التي بالصورة في هذه التجربة؟

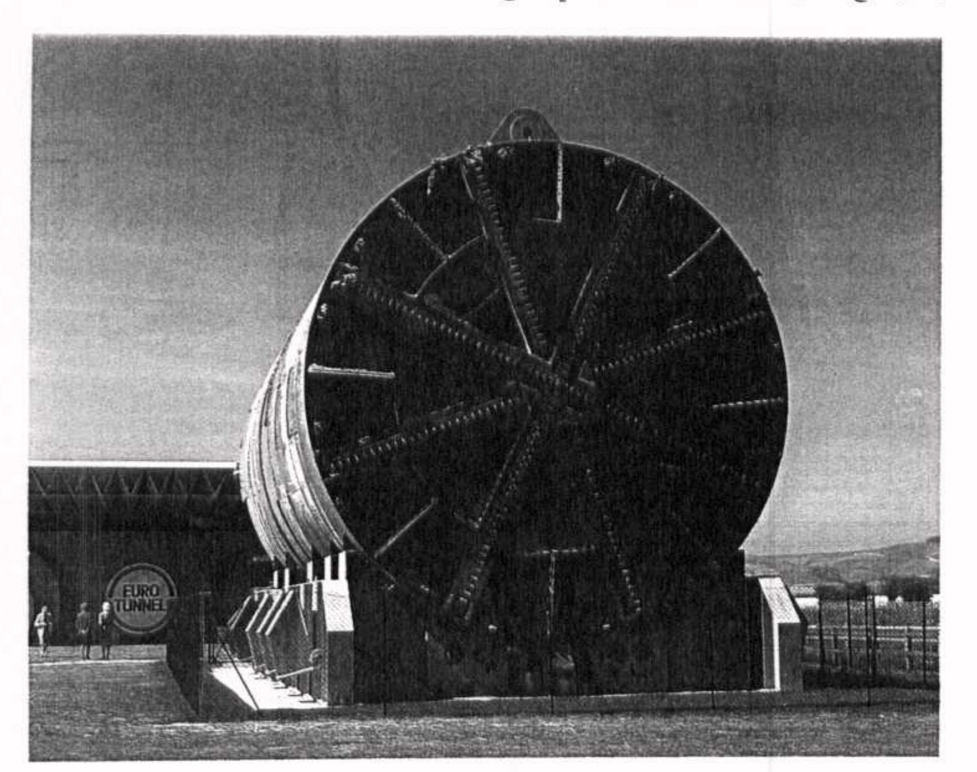
شق الأنفاق



تستطيع أحدث آلات حفر الأنفاق أن تحفر نفقًا عرضه ٣م وطوله ١١٣م في يوم واحد فقط.

يبني كل من الإنسان والحيوان الأنفاق، ويجب على كليهما التغلب على مشاكل متشابهة في التصميم، فالأنفاق يجب أن تظل جافة، ولابد من العمل على ألا تنهار، ومن اللازم أن يظل الهواء داخلها متجددًا.

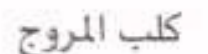
ولقد سمحت التقنية الحديثة للمهندسين أن يشقوا الأنفاق في معظم أنواع التربة، حتى في التربة التي يبدو أنها غير مناسبة لأنها رخوة، أو لأنها مشبعة بالمياه. قد تتم تغطية أو تبطين النفق لإعطائه مزيدًا من القوة أو لمنع النفق أن يفيض بالماء، ولكي يمنع المهندسون الأرض من الانهيار، وهم يُنْشِئُون الأنفاق، فقد استخدموا درع الأنفَاق، وهو إسطوانة معدنية يتم تحريكها بطول النفق طيلة الحفر. وخلف هذا الدرع يتم تغطية جوانب النفق بالخرسانة أو بالمعدن. ويجب تهوية الأنفاق حتى يظل الهواء بداخلها متجددًا. ويحل المهندسون هذه المشكلة بوضع مراوح كبيرة في أعلى مناطق التهوية لشفط الهواء الملوث إلى خارج النفق.



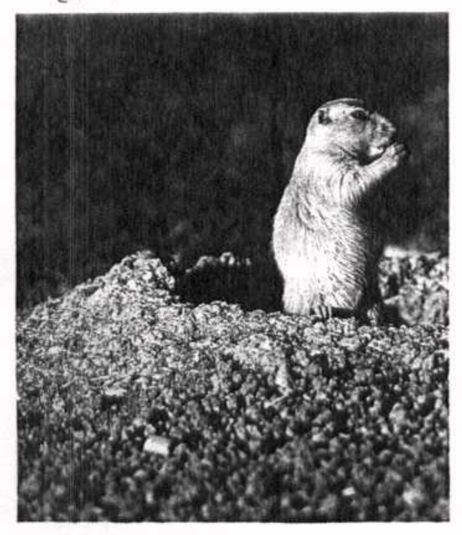
هذه صورة ماكينة حفر الأنفاق التي استخدمت لحفر نفق القنال الإنجليزي بين فرنسا وإنجلترا وهو أطول نفق سكك حديد في العالم.

أما الحيوانات فقد أعطاها الله أقدامًا وأسنانًا تساعدها في الحفر. ومعظم الحيوانات التي تحفر الأنفاق موجودة في الأراضي الخضراء حيث تكون التربة سهلة الحفر. وعادة ما تكون أنفاقها في قطاعات دائرية أو قوسية، وهذا ما يساعد في إعطاء تلك الأنفاق أقصى قوة لمقاومة ضغط التربة فوق النفق. ولأن الأنفاق التي تصنعها الحيوانات عادة ما تكون صغيرة، فإنها لا تحتاج، غالبًا، تبطينًا أو نظم تهوية.

يقضي فأر الخُلد العاري كل حياته تحت الأرض في متاهة من الأنفاق تمثل مناطق معيشته، وحضانته، وأماكن تخزين طعامه، وقد أصبحت هذه الفئران متكيفة بشكل جيد مع الحياة تحت الأرض. فقد فقدت الشعر الذي يغطي جسمها وكذلك عينيها، إلا أن أسنانها القواطع قد كبرت كثيرًا جدًا، مكونة وسيلة جيدة للحفر. وهي تتجنب ابتلاع التربة وذلك بالإبقاء على شفاهها مغلقة بإحكام حول أسنانها القواطع. وفئران الخلد، هذه، تعمل في شكل جماعات لتبني شبكة الأنفاق التي تحتاجها. فالفأر الأول يحفر في التربة ثم يدفع بالرمل أو الطين الناتج عن ذلك إلى الفأر الذي يليه، وهذا بدوره يدفعه إلى الذي يليه، وهكذا حتى آخر فأر في خط العمل الذي يقوم بدفع التربة أو الطين خارج النفق. في التربة الرملية في شرق إفريقيا، حيث تعيش هذه الفئران، لوحظ أنها تستطيع أن تحفر بشكل لا يصدق أسرع من أي وحش يريد أن يداهمها بالحفر خلفها والإمساك بها.



كلب المروج



استطاعت كلاب المروج (وهي حيوانات أمريكية من القواضم) أن تحل مشكلة التهوية في الأنفاق، وذلك بعمل مدخل عند كل طرف من أطراف النفق. عند أحد الطرفين هناك فتحة مستوية مع الأرض أما الفتحة الأخرى فقد أقامت عليها ما يشبه المدخنة المرتفعة ما يقارب ٣٠سم فوق سطح الأرض.

تحفر كلاب المروج متاهة من الأنفاق تسمى مدينة. وأكبر مدينة تم تسجيلها حتى الآن يعتقد أنها حوت ما يزيد على أربعمائة مليون من كلاب المروج!!

وحيث إن الهواء يتحرك أسرع قليلاً فوق الأرض، فإن الهواء الذي يمر عبر مدخل المدخنة يتحرك أسرع من الهواء الموجود بالطرف الآخر للنفق؛ ولذا فإن الهواء الفاسد يسحب إلى الخارج عند الطرف المرتفع عن الأرض من النفق بينما يتم شفط الهواء المتجدد عند الطرف الآخر.

تبني كثير من العناكب أنفاقًا، فعنكبوت الجرذان تبني نفقًا مبطنًا بالحرير يصل طوله إلى ٤٥سم وهو يقع قرب نهاية جذع الشجرة وتغطيه على سبيل التخفي بعض الأوراق. وعندما تسير حشرة فوق النفق، تقع اهتزازات تحفز العنكبوت إلى وضع الاستعداد، وعندها تخترق النفق المموه وتنقض على فريستها.

أما العنكبوت الأنثى صانعة المصيدة فهي أيضًا من بناة الأنفاق، وهي تقوم بحفر نفق طوله ١٠-١٥سم في الأرض الطرية وعندئذ تبطن تلك المصيدة النفق بالحرير.

وتقوم أيضًا بعمل غطاء دائري مموه بالكامل، وذلك بلصق جزئيات دقيقة من التربة مع الحرير. وتصنع للغطاء مفصلاً من الحرير وتصل بين الحصى والغلاف الداخلي بغية أن يغلق بتأثير وزنها ذاتيًا. وعندما يمر حيوان صغير، كالحشرة مثلاً، تمسك به العنكبوت وتسحبه إلى مصيدتها ويقفل الباب ذاتيًا خلفها كي لا تستطيع الحشرة الهرب.

العنكبوت صانعة المصيدة تنتظر عند مدخل النفق الذي صنعته.




أطول نفق في العالم هو مجرى مياه ويلاوير في جبال كاتسكيل، بالولايات المتحدة الأمريكية. ويبلغ طوله ١٦٩كم، ويحمل الماء إلى مدينة نيويورك.

اعتاد عمال المنجم أن يوقدوا النار في قاع مداخل المناجم لتهوية الأنفاق.

كيف عملت هذه النيران على تهويتها؟

للإجابة: انظر صفحة ٣٢، بناء بيت.

كلمات أساسية

- **الأقواس:** هي أشكال منحنية تُستخدم لدعم الجسور، أو جوانب المباني.
- **التعليق:** هو أن يتم رفع وتثبيت وزن إلى أعلى بواسطة الكوابل.
- **السد:** هو حاجز يوقف تدفق الماء عكس سير حركة النهر.
- **فتحة تصريف الماء الزائد:** هي القناة التي تتخلص من الماء الفائض على جانب السد.

تصميم المبنى

يتضح أنه من المهم جدًا أن يكون تصميم المبنى صحيحًا؛ لأنه يلزم أن يكون قويًا بقدر كاف ليتحمل جميع القوى التي سو يتعرض لها.

وكما أن التصميم يوفر دعمًا لثقل المبنى نفسه والأحمال الزائدة عند الاستخدام، فإن عليه بالقدر نفسه أن يسمح للعوا الأخرى مثل الرياح والزلازل أن توضع في الاعتبار. مبادئ التصميم نفسها تنطبق على المساكن التي يصنعها الإنسان وتلك ال يصنعها الحيوان وحتى على عديد من تلك التي يصنعها النبات.

الأساسات

تحتاج جميع المباني المرتفعة إلى أساسات جيدة لتدعم وتتحمل أوزانها، ولكي تقاوم القوى الجانبية التي قد تؤدي إلى تقويضها. والأساسات على القدر نفسه من الأهمية في العالم الطبيعي كما في عالم المباني التي يصنعها الإنسان، وتعتبر الجذور من أكثر الأساسات الطبيعية انتشارًا. ولها مقابلات كثيرة في التصاميم التي يصنعها الإنسان.

! يمكن أن يصل أعمق جذور التين البري، الموجود في شبه صحراء جنوب إفريقية، إلى عمق مئة متر تحت سطح الأرض.

والأشجار هي أطول النباتات الحية، ومن السهل علينا تصور أن جذورها التي تساعد في دعم الشجرة وتلعب دور المرساة التي تشدها إلى الأرض، تمتد بعيدًا في عمق الأرض. -على أي حال- ليس من الواجب أن تكون الجذور القوية عميقة. وفي الأماكن التي توجد فيها الصخور الصلبة على بعد متر أو مترين من سطح الأرض، نجد جذور الأشجار تمتد فوق الصخر مكونة تجمعًا جذريًا لعدة أمتار أفقيًا. بعض التجمعات الجذرية يمكن أن تمتد في الأرض لعمق يساوي ارتفاع الشجرة فوق سطح الأرض.

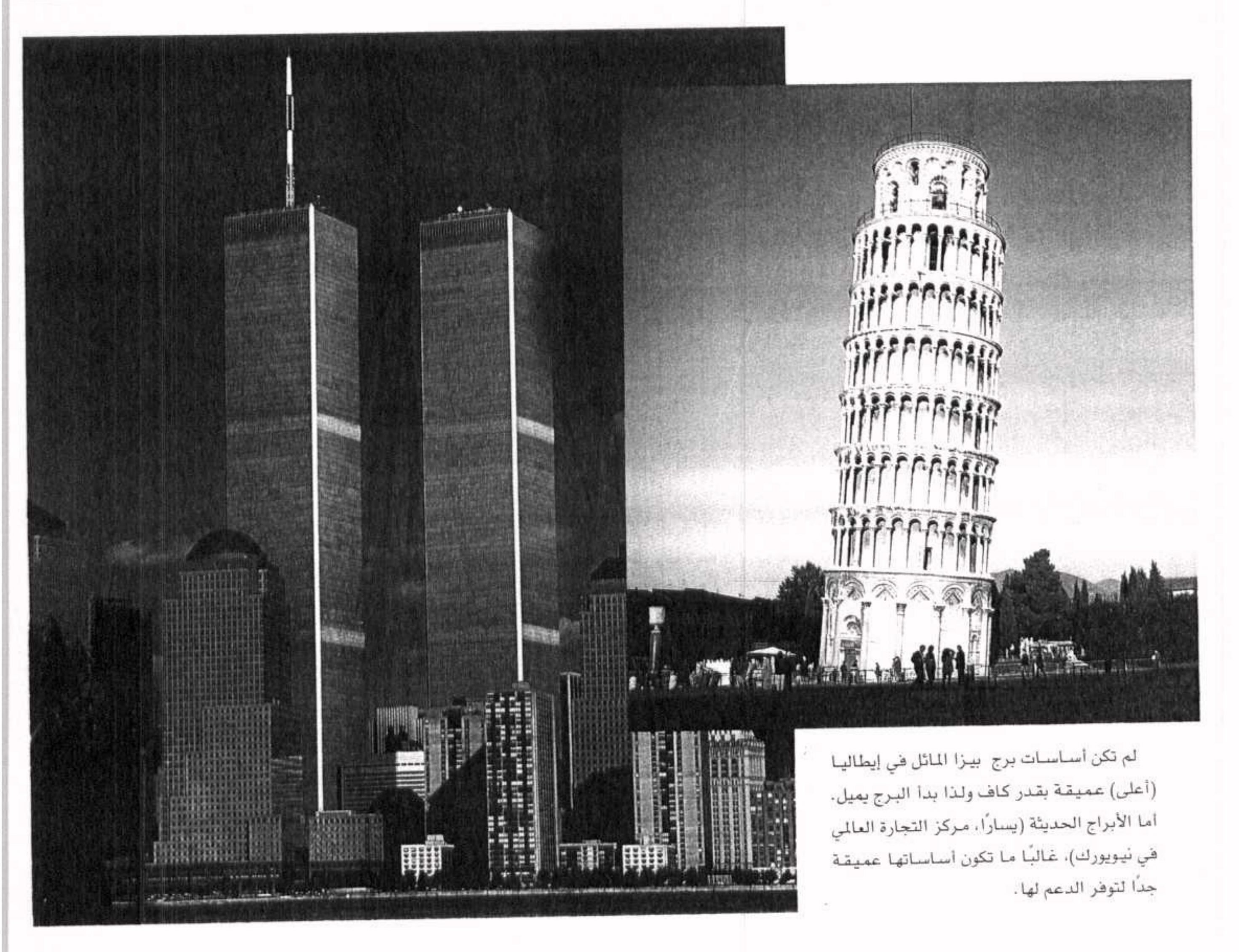
نمت لبعض الأشجار، الموجودة بصفة خاصة في مناطق الأمطار الاستوائية، زيادات على جذوعها تسمى دعامات. وقد ساد اعتقاد أن هذه الدعامات تساعد في دعم الأشجار في الأراضي الرخوة في الغابة، إلا أن الأبحاث الأخيرة دلت أن الأشجار التي لها تلك الدعامات لا تحقق أي نجاح زائد عن تلك التي ليس لها هذه الدعامات. ويظل الهدف من ورائها لغزًا غامضًا، ولكنه قد يكون ذا فائدة في استخلاص المواد الغذائية للشجرة. على أي حال؛ الدعامات الموجودة على جوانب المباني الضخمة لها وظائف داعمة هامة.



معظم جذور الأشجار [غ]ـ[ير] العمق لكنها تنتشر على مسـ[ـاحة] واسعة.

والمباني تحتاج الأساسات أيضًا، المباني القديمة لها أساسات لا تتعدى بعض الأقدام عمقًا، ويفسر ذلك بأنه غالبًا ما اعتقد الناس أن الأساسات الجيدة لم تكن مفهومة كما يجب. أما المنازل الحديثة (ذات الطابق الواحد) فإنه يشترط أن تكون أساساتها بعمق متر واحد على الأقل، وتكون زيادة على ذلك بقليل من الأرض الرخوة. وفي بعض المناطق يبنى البيت بأكمله على فرشة من الخرسانة المسلحة لمنع هبوط المبنى ومن ثم تصدعه.

تعتمد أساسات المنازل عادة على حفر تملأ بالخرسانة، وبالنسبة للبيوت الكبيرة، فإن أكوامًا من الصلب والخرسانة أو الخرسانة المسلحة تدفع إلى باطن الأرض. تلك الأكوام من الصلب تغطى بالخرسانة لتكون قاعدة المبنى.



لم تكن أساسات برج بيزا المائل في إيطاليا (أعلى) عميقة بقدر كاف ولذا بدأ البرج يميل. أما الأبراج الحديثة (يسارًا، مركز التجارة العالمي في نيويورك)، غالبًا ما تكون أساساتها عميقة جدًا لتوفر الدعم لها.

يميل برج بيزا المائل بمعدل ميل ١.٠٢مم سنويًا.

إذا وجدت صخور قاسية قرب السطح فإن الأساسات قد تكون بعمق متر واحد أو مترين فقط. كثير من أعلى ناطحات السحاب في نيويورك المقامة على جزيرة مانهاتن لها أساسات غير عميقة؛ لأنها مبنية على أرض صخرية، وأطول مبنيين في نيويورك هما البرجان التوأمان لمركز التجارة العالمي، بارتفاع ٤١٥م لكل منهما، وقد لزم أن تكون أساساتهما أعمق كثيرًا من أساسات أي من ناطحات السحاب الأخرى الموجودة في مانهاتن، لأنهما أقيما على أرض رخوة بجوار نهر هدسون. وقد حفرت الأرض بعمق ستة أدوار ثم ملئت بالخرسانة. كما تم بناء سد حول موقع الحفر هذا حتى يمنع مياه النهر من أن تصب فيه، كما أن مدينة لندن مقامة على الطين، لذا فإن المباني تحتاج أن تكون أساساتها عميقة.

برج بيزا المائل في إيطاليا مثال جيدًا جدًا لما يمكن أن يحدث إذا اختل وضع الأساسات، وقد بُني البرج على ثلاثة مراحل، بداية من عام ١١٧٣م، وبدأ بعدها يميل مباشرة، وقد بدأ وقتها يميل في اتجاه واحد، وبعد ذلك، عندما بدئ في بناء المرحلة الثانية، أخذ البرج يميل في الاتجاه الآخر. وعندما تم الانتهاء من بناء الطابق السابع بدأ البرج فجأة يميل من جهة الجنوب. وقد بنى الطابق الأخير بزاوية على البرج المائل في محاولة لإظهاره كما لو كان عموديًا. وفي كل عام يميل البرج أكثر قليلاً. وسبب الميل هو طبقة من الطين غير المستقرة تحت البرج والطبقة الموجودة في الجهة الجنوبية أدق من تلك الموجودة في الجهة الشمالية.

ويميل البرج الآن بزاوية ليست آمنة، وقد تم شده بكوابل وأوزان مضادة لاتجاه الميل، من الاقتراحات المثيرة لإعادة البرج إلى وضعه العمودي، يتضمن عملية تسمى الأسموزية الكهربية، وهي تعني أن تيارًا كهربيًا قد يمر في التربة عند الجهة الشمالية للبرج لشفط المياه، فينتج عن ذلك انكماش في الأرض تحت البرج.

بناء بيت



لو وجد معادل بشري لعش النمل الأبيض، فإن هذا العش سيمتد إلى مسافة ٢كم في السماء.

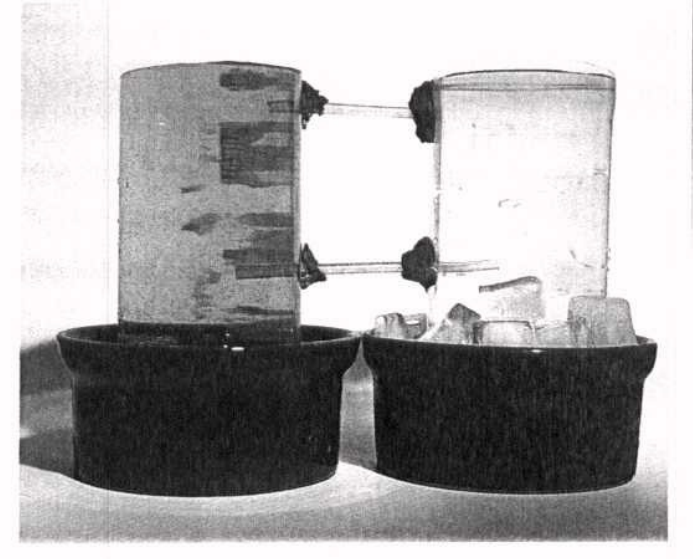
الحيوانات مخلوقات ماهرة في بناء البيوت، وهناك أمثلة للحيوانات التي تبني بيوتًا، ومنها بناء الحجر، والنساج، والجصاص، وحفار المناجم والنحات. وكثير من الحيوانات مثل الخنافس، والسمامة (طائر يشبه السنونو) والنحلة تبني بيتها فعليًا من إفرازات يفرزها جسمها.

يصنع النمل الأبيض الإفريقي مدنًا معقدة وكبيرة، وذلك باستخدام الطين الذي يخلطه بلعابه. وتتكون المستعمرة الكاملة من ملايين النمل الأبيض، كما أن العش نفسه قد يرتفع عن الأرض عدة أمتار. ويتم تكييف الهواء في عش النمل الأبيض بطريقة طبيعية لافتة للانتباه. يوجد تحت سطح الأرض بحوالي مترين غرفة كبيرة لا يسكنها أحد. في قاع هذه الغرفة يوجد مداخل تهبط إلى أربعة أمتار أو أكثر. يوجد عمود طيني هائل في وسط الغرفة الأعمق يوفر دعمًا لسقف هذه الرِّيش بامتصاص البلل الموجود في أعلى العش. وعند تبخر الماء فإنه يستهلك طاقة السخونة الموجودة في العش، وذلك بدوره يعمل على تبريد الهواء داخل الغرفة، وهذا ما يجعل الغرفة أبرد مكان في العش. أما الهواء الدافئ في الجزء الرئيس من العش، فيصعد إلى أعلى البرج بفعل الحمل الحراري (انتقال الحرارة من جزء من السائل أو الغاز إلى جزء آخر)، حيث يغادره عبر الجدران الطينية للعش. تقوم الممرات الموجودة قرب سطح العش بسحب الهواء البارد المشبع بالأوكسجين إلى الغرفة التي تحت الأرض، حيث يزداد تبريدها، عندئذ: يصعد هذا الهواء البارد المتجدد إلى أعلى وإلى جميع أرجاء العش. يصبح هذا العمل الهندسي الفذ أكثر وقعًا في أنفسنا عندما ندرك أن هذا المبنى الهائل قد بناه برمته جماعات وفرقاء من العمال العمِّي الذين يعيشون في ظلام دامس.



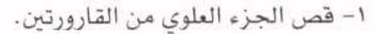
أعشاش النمل الأبيض أبنية طويلة جدًا بنتها حيوانات دقيقة، وهذه الأعشاش أيضًا تمتد لأمتار عدة في باطن الأرض.

تجربة



التحقق من الحمل الحراري

يعتمد كثير من نظم التهوية على المبدأ القائل إن الهواء الدافئ يصعد إلى أعلى وأن الهواء البارد يهبط إلى أسفل ليحل محله. ومعروف أن الهواء الدافئ أقل كثافة، ونتيجة لذلك فهو أخف من الهواء البارد، ولهذا فهو يصعد إلى أعلى. وينطبق الشيء نفسه على الماء البارد والماء الدافئ. ستحتاج في هذه التجربة إلى قارورتين كبيرتين من البلاستيك، أنبوبتين من البلاستيك طول كل منهما ١٠سم، مسمار، صلصال (مادة لدائنية تشبه الطين لتعليم الصغار صنع الأشكال المختلفة). بللورات من برمنجنات البوتاسيوم (من الصيدلية)، طبقين، وكمية من الثلج.



١- قص الجزء العلوي من القارورتين.

٢- استخدم طرف المقص أو المسمار لإحداث ثقبين في جانب واحد من الزجاجتين، الفتحة الأولى على بعد ٢سم من القمة والثانية على بعد ٤سم من القاع.

٣- ضع القارورتين على بُعد ٨سم من بعضهما، والفتحات الأربع متواجهة، أدخل أنبوبًا بلاستيكيًا لتوصل كل فتحتين ببعضهما بشكل جسرين، الأول عند القمة، والثاني عند القاع. الحم نقط اتصال الأنبوب بالقارورة مستخدمًا الصلصال.

٤- ضع كل قارورة في طبق، الأول مليء بمكعبات الثلج، والثاني اسكب فيه ماءً دافئًا عند القاع.

٥- اسكب ماءً، من الصنبور، في كلا القارورتين. عندما يكون كل شيء جاهزًا، أسقط عددًا من بللورات برمنجنات البوتاسيوم في القارورة التي يحيطها الماء الدافئ. من الواجب أن تسقط تلك البللورات إلى القاع وتبدأ في الذوبان. لاحظ ما سيحدث للصبغ الأرجواني.

الشرح: يؤدي الماء الدافئ الموجود حول القارورة الأولى إلى رفع درجة حرارة الماء بداخلها بينما مكعبات الثلج حول القارورة الثانية، تؤدي إلى خفض درجة حرارة الماء بها؛ ولذا نلاحظ أن الماء الدافئ سينتقل عبر الأنبوب إلى قمة قارورة الماء البارد، بينما الماء البارد نفسه سينتقل عبر القاع إلى قارورة الماء الدافئ، وسوف تساعدك برمنجنات البوتاسيوم في رؤية ما يحدث.

تعمل أبراج التبريد الضخمة، التي نراها حول محطات القوى على مبدأ الحمل حراري، حيث يقوم الماء الحار الناتج من مخلفات طاقة السخونة من محطة الكهرباء سخين الهواء الموجود في البرج. وعندما يرقى الهواء الساخن إلى أعلى المدخنة، يحل حله هواء بارد تم سحبه عند القاع.

ليس النمل الأبيض الإفريقي وحيدًا فيما يتعلق بصنع عشه، فهناك نمل الشجر خضر في أستراليا الذي يقوم بصنع عشه من أوراق الأشجار التي يسكنها. وتقوم يرقات مل بإفراز خيوط الحرير التي تستخدم في لصق أوراق الشجر بعضها ببعض، ويقوم مل ببطء بلصق عدد من الأوراق بعضها ببعض، مكونًا عشًا مخروطيًا في الشجرة.

يقوم الطائر الحباك بنسج عشه بالطريقة نفسها التي يقوم بها شخص بحياكة قطعة ماش. يبدأ الطائر في بناء عشه بأن يعقد قشة طويلة حول غصن شجرة، وبعد ذلك ينسج وطًا من القش متقاطعة أفقيًا مع خيوط أخرى عمودية كل منها على الآخر. ويتدلى العش . صنعه من الشجرة. ويستطيع الطائر الحباك أن ينسج أعشاشًا على شكل قباب، وأخرى ها العديد من المقصورات، حتى إن بعضها يبني أعشاشًا ذات أسقف تمنع تسرب الماء.

يبنى عصفور النمنمة (طائر صغير جدًا) عشًا معقدًا مستخدمًا خيوطًا لاصقة تشبه ت العنكبوت ليلصق وريقات الشجر التي يجمعها والغصينات. يتكون أولاً أساس قوي دما يقوم العصفور بنسج شبكة الخيوط العنكبوتية عبر الغصينات. بعد ذلك، يقوم ببناء انب العش، باستخدام أنسجة دقيقة من لحاء الشجر تلتصق بعضها ببعض بمزيد من نيوط العنكبوتية.

يقوم الطائر الحباك بنسج عشه من أجزاء النبات.



ويُعَد طائر الزرزور من الخبراء في بناء البيوت، فهو يستطيع بشكل ملحوظ، أن يبني عشًا على سفح أو جانب أحد المباني دون أن يهبط إلى الأرض، لأن أرجله ليست مصممة لحمل وزن جسمه. فزرزور الكهوف في جنوب شرق آسيا يبني عشه مستخدمًا لعابه، الذي يفرزه بكميات كبيرة، يختار الزرزور موقعًا لعشه على السفح ويستخدم لسانه الطويل لينشر لعابه على الصخر بينما هو يطير مبتعدًا عنه. يقوم الطير بمئات الزيارات إلى موقع العش، وفي كل مرة يضيف إليه رشفة من لعابه. ويجف اللعاب بسرعة وتدريجيًا يتشكل جدار العش. وإذا ما أصبح العش كبيرًا بقدر كاف يقوم الطائر بتشطيبه من الداخل، مكونًا عشًا على شكل كأس وهذا الشكل مألوف في جميع أعشاش طير الزرزور.

؟ معظم أعشاش الطير لها شكل متشابه، ما هو هذا الشكل؟ لماذا يعتبر اختيارًا جيدًا؟

؟ لماذا يُعد أمرًا هامًا أن يوجد قدر من البلل في الطين؟



توجد هذه الأعشاش لطائر الزرزور ذي الذيل الأبيض على سقف أحد الكهوف في أستراليا. وهي مصنوعة من العشب، والأغصان الصغيرة واللعاب.



تضع أنثى الدبور صانع الأواني بيضتها في الغرفة المجهزة التي بنيت من الطين.

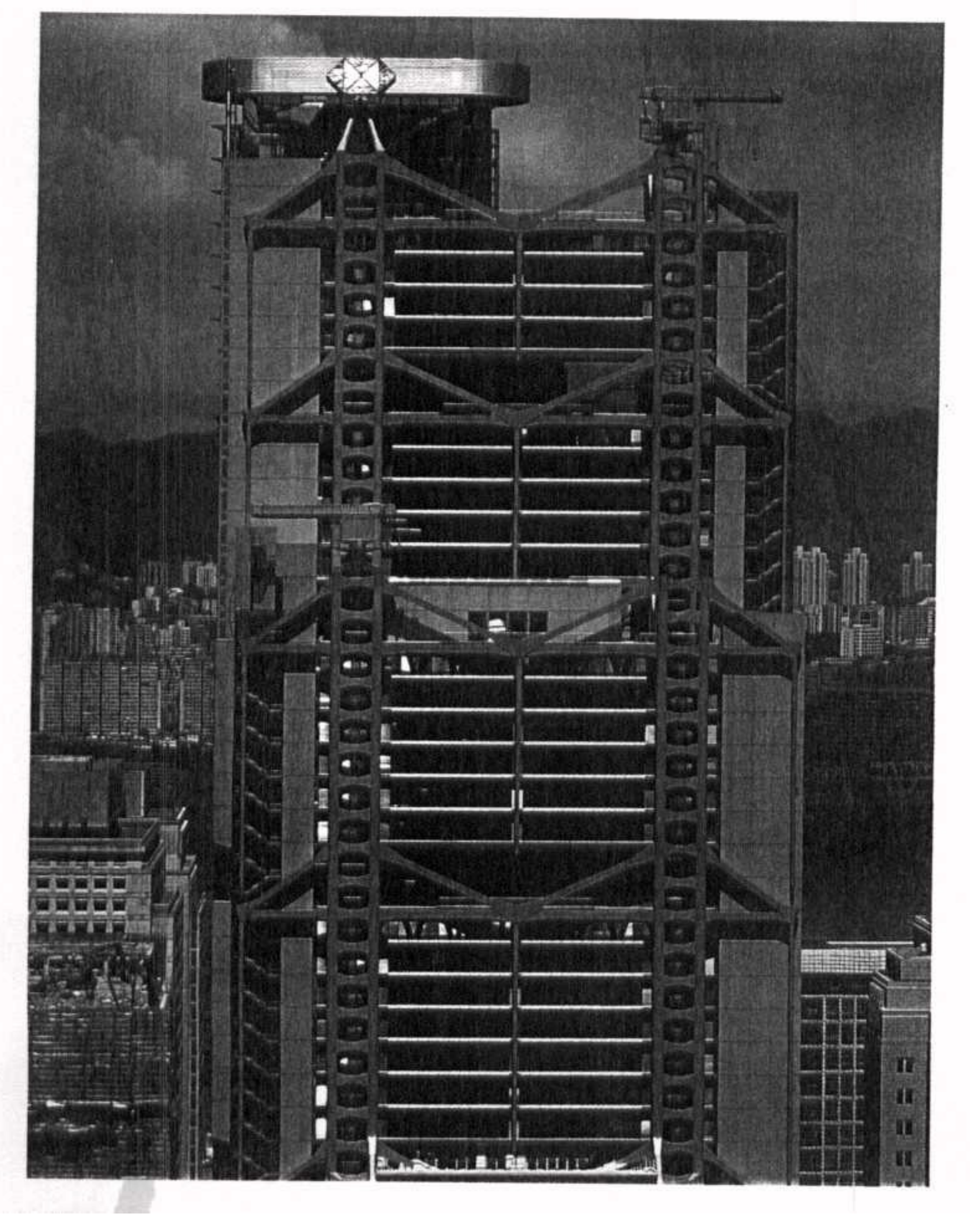
يُعد الطين مادة متعددة الاستخدامات من قبل الإنسان والحيوان على حد سواء. ذلك أنه يمكن أن توضع في قالب وهي طرية مبللة ثم تشكل بناء شديد الصلابة عندما تجف. وتُعد أنثى الدبور صانع الأواني موفقة في استخدام الطين لصنع غرفة آمنة تضع فيها بيضتها الوحيدة. ويجب أن يحوي الطين القدر الصحيح من البلل، لذا إذا كان الطين جافًا تضيف إليه ماءً بمعرفتها. وهي تقوم بدحرجة الطين إلى شق في الأرض مستخدمة فكيها والأرجل الأمامية، وتضعه في حلقة في موقع البناء. تعود بعد ذلك بقطع من الطين تضاف إلى الحلقات الموجودة، وببطء تنتهي من بناء غرفتها. وإذا ما أصبحت الغرفة كبيرة بقدر كاف، فإنها تبحث عن فريسة مناسبة تصعقها بضربة من زبانها. وتوضع هذه الفريسة في الغرفة مع البيضة الوحيدة لأنثى الدبور، ثم تقفل الغرفة بإحكام. وبهذه الطريقة تضمن أنثى الدبور أن يرقتها، عندما تفقس عنها البيضة، ستجد وفرة من الطعام بجوارها.

أبنية من صنع الإنسان

كانت تبنى البيوت في الماضي من مواد بسماكة واحدة، وفي السنوات الأخيرة صبحت البيوت تبنى بمواد ذات سطحين خارجيين، يفصل بينهما فراغ، وهذه الفراغات ما أن تكون خاوية، أو تملأ برغاوي جافة أو أنسجة عازلة. وهذان السطحان يُضمان سويًا استخدام المواد الخاصة بتربيط الجدران.

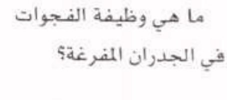
فالسطح الخارجي، المعرض للظروف المناخية، قد يكون من الطوب أو الخرسانة، أما لسطح الداخلي فقد يصنع من مواد أخف وزنًا؛ وغالبًا ما يكون من الطوب المفرغ، أو حيانًا من ألواح الخشب والجبس، والمباني التي بها أكثر من طابق واحد ستحتاج حتمًا زيد من الأرضيات. ففي منزل مكون من طابقين، توضع عدد من العوارض الخشبية، سمى الجيزان، من الجدار إلى الجدار، ثم تغطى بألواح الأرضية. وتستخدم طرق بنائية ختلفة في المباني متعددة الطوابق. ففي الطريقة التي تعتمد على فكرة بلاطة السقف كوحدة بنائية، نجد أن كل أرضية تبنى كوحدة فوق الأرضية التي تحتها، باستخدام الصلب و عوارض (كمرات) الخرسانة المسلحة لتتحمل أوزان الأدوار العليا. أما في طريقة البناء لهيكلي، فيتم نصب هيكل كامل من الصلب ويتم فيما بعد بناء الأرضيات والجدران. طريقة البناء باستخدام الكابولي تستخدم واحدًا أو أكثر من الأعمدة الضخمة لتقوم دعم الأرضيات والعوارض. وقد استخدمت هذه الطريقة لبناء بنك هونكونج وشنغهاى ي السبعة والأربعين طابقًا في هونكونج، حيث يوجد فيه ثمانية أعمدة ضخمة، تقف على ركائز خرسانية تصل إلى عمق خمسة وثلاثين مترًا في الصخور تحت الأرض. أما الأرضيات فهي معلقة بواسطة خمس عوارض أفقية ضخمة يمكن رؤيتها بوضوح من الخارج معطية المبنى مظهره المميز.

يمثل تصميم بنك هونكونج وشنغهاي علامة بارزة لبعض الدعامات المستخدمة في البناء.



وينبغي للمباني الكبيرة أن تتحمل قوة الرياح العاتية، وتلك المناطق المعرضة للزلازل يجب أن تكون مبانيها قادرة على تحمل الرعشات التي تصيب المبنى عقب الزلازل. وقد صممت ناطحات السحاب الحديثة لتكون مرنة حتى تستطيع امتصاص الكثير من قوة الرياح والزلازل دون أن تنهار.





ما هي وظيفة الفجوات في الجدران المفرغة؟



على أي حال، إذا كان لهذه المباني أن تميل أكثر من اللازم، فإن ساكنيها سيشعرون بعدم الارتياح، وأحد الحلول المقترحة لهذه المشكلة هي وضع أوزان هائلة على بكرات في أعلى المبنى. ذلك أنه عندما يميل المبنى، تغير هذه الأوزان مكانها إلى الاتجاه المضاد فتمتص حركة المبنى. ويوجد في مبنى سيتي كورب في نيويورك كتلة خرسانية هائلة تمتص حركة ميلانه تزن ٤٠٠ طن عند الطابق التاسع والخمسين منه. وهي متصلة بهيكل المبنى بواسطة أذرعة لامتصاص الصدمات تطفو على طبقة من الزيت. فعندما تهب الرياح يتم ضخ مزيد من الزيت تحت هذه الكتلة الماصة للحركة، مما يؤدي إلى رفعها إلى أعلى قليلاً والسماح لها بالحركة، ويجب أن نعلم أن حركة هذه الكتلة تكون مضادة لاتجاه الميل الذي تسببه الرياح، والأوزان التي تعمل على حفظ توازن المبنى بالحركة في الاتجاه المضاد تستخدم في أبراج أضخم الكباري المعلقة لنفس الغرض.

يُعد برج سي. إن. الذي يصل ارتفاعه إلى ٥٥٥م، في تورنتو بكندا، أطول مبنى ذاتي الدعم في العالم. هناك مبانٍ أعلى، لكنها مدعومة بكوابل شد، ورغم أن هذا البرج مصنوع من الصلب والخرسانة إلا أنه ليس شديد الصلابة، كما يظهر، لأنه تحت تأثير الرياح العاتية يميل أعلى البرج بما قيمته نصف متر عن الوضع العمودي القائم.

علاقة الأشجار الطويلة بالمباني المرتفعة

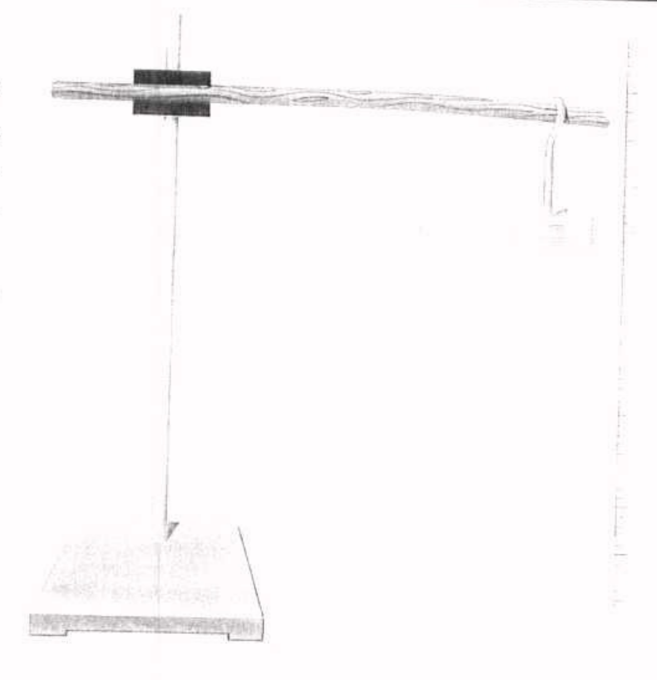
يمكن رؤية أشكال الأشـــجـــار ذات الأورا الكثيفة في فصل الشتاء عندما تكون قد فقدت أوراقها.

تعد الأشجار أطول الأشياء في عالم الطبيعة، والمشاكل التي تقابل الأشجار الطويلة هي نفسها التي تواجهها المباني المرتفعة. ويجب أن تكون الأشجار، أيضًا، قادرة على الميل والانحناء في مواجهة الرياح. وحيث إن الأشجار طويلة تحتاج للكثير من الغذاء؛ لذلك تكسوها أوراق كثيرة للمساعدة في عملية التمثيل الضوئي. وأوراق الأشجار تعطيها مساحة سطحية هائلة؛ لذا فإنه في الجو العاصف تقع هذه الأشجار تحت طائلة تأثيرات جانبية هائلة عندما تعصف الرياح بأوراقها.

وهذا الأمر صحيح بصفة خاصة في الأشجار كثيفة الأوراق التي لها أوراق أكبر من تلك التي للصنوبريات، فالأشجار ذات الأوراق الكثيفة والعريضة تحتاج إلى جذع قوي كي يحملها وإلى جذور ممتدة في الأعماق لتوفر لها أساسات جيدة. فهي لا تميل رغم أنها تنمو بنفس طول الصنوبريات، إلا أنها تمد أغصانها في دائرة أوسع منها. وهذه الأشجار تفقد أوراقها في الخريف؛ ولذلك تكون مقاومتها للرياح أقل في أشهر الشتاء عندما يصبح الطقس أشد ضراوة. من ناحية أخرى، تميل الصنوبريات حتى يكون لها شكل مثلثي صنعه الخالق في قنة تامة وجلال كامل ليصمد في وجه الرياح وتُسقط الجليد عن أغصانها شبه العارية. لا تفقد الصنوبريات أوراقها دفعة واحدة على الإطلاق؛ ولهذا فإن مقاومة الرياح تظل واحدة على مدار العام.

تجـربة

تصميم الشجرة



تحاول هذه التجربة التحقق من مرونة أطوال الخشب المختلفة التي لها السماكة نفسها. وقطعة الخشب المستخدمة تمثل جذع الشجرة. وكلما طالت قطعة الخشب طال جذع الشجرة. وسوف تكتشف أيهما مرن أكثر: الأشجار القصيرة أم الأشجار الطويلة. سنحتاج إلى قطعة خشب على هيئة عمود دائري طوله ٦٠سم وقطره يبلغ ١سم، كتلة تزن ١كجم، حامل بمشجب وماسك لربط العمود الخشبي بالحامل، ومسطرة.

١- اشبك العمود الخشبي بزاوية ٩٠ْ مع الحامل باستخدام المشجب.
وابدأ مباشرة بضبط ما طوله ٥٠سم من العمود الخشبي المعلق. علق الكتلة التي تزن ١كجم على بعد ٥سم من النهاية الحرة، غير المثبتة للعمود. إذا انزلقت الكتلة، اصنع حفرة على سطح العمود حتى يستقر فيها المشجب.

٢- قسم مقدار انحناء العمود الخشبي.

٣- كرر هذه التجربة على بعد ٤٠سم من الكتلة المعلقة، ثم على بعد ٣٠سم، ٢٠سم، ١٠سم. استخدم الوزن نفسه في كل مرة.
تُرَى على أي طول كان عمود الخشب أكثر مرونة؟
كيف يمكن مقارنة ذلك بأطوال الأشجار الحقيقية بالقرب من بيتك؟

ويمكن للأشجار أيضًا أن تستجيب للقوى الخارجية بطرق أخرى. فالأشجار التي تنمو في مناطق تنتشر فيها الرياح، مثلاً، يمنحها الله المزيد من الخشب في جذوعها كي تقاوم الآثار الجانبية لقوة الرياح.



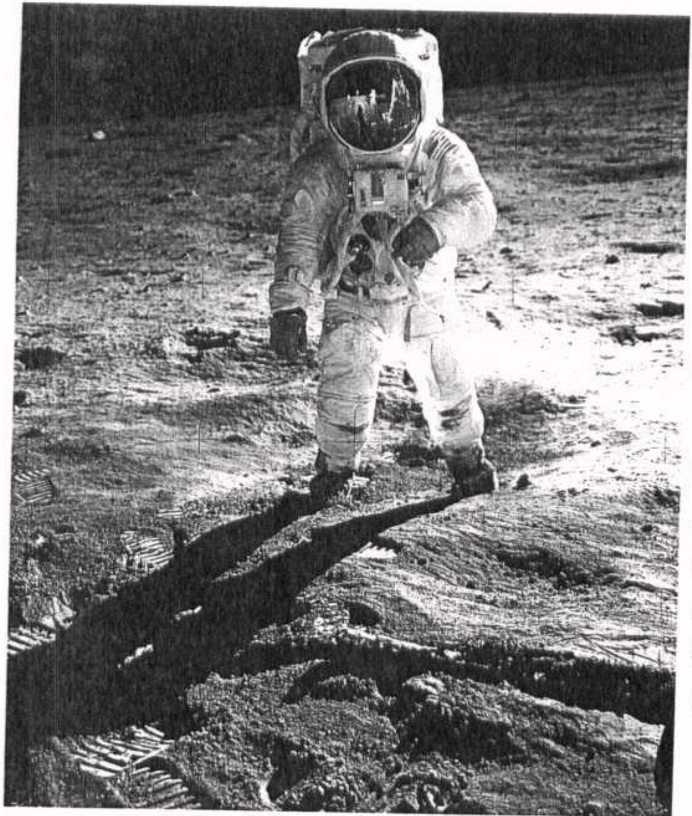
انظر إلى الأشجار التي تنمو بالقرب من بيتك. أي نوع من هذه الأشجار هو الأطول؟ أي منها له أكبر محيط جذع؟ هل يمكنك إيجاد علاقة بين طول الشجرة ومحيط الجذع؟

كلمات أساسية

- **الحمل الحراري**: هو ارتفاع الهواء الدافئ أو السائل الدافئ؛ لأنه أخف كثافة من الوسط الأكثر برودة حوله.
- **الأساسات**: هي أجزاء المبنى الموجودة تحت الأرض، وهي تدعم وتحمل أجزاء المبنى التي فوق الأرض.

عندما تهب رياح ثابتة الاتجاه من وجهة واحدة، فإن الأشجار تحرك أغصانها بعيدًا عن الريح كي تقل قوة الريح على الجذع والأغصان.





يساعد ضعف قوة شد الجاذبية الأرضية على سطح القمر رواد الفضاء أن يسيروا بخطى أوسع على القمر منها على الأرض.

مشاكل الأبنية الضخمة

ثمة مشكلات من نوع خاص تتعلق بكون الشيء ضخمًا. هناك حيوانات ونباتات ومبانٍ ضخمة، لكن هل هناك حد لكبر حجمها؟ هل هناك عوامل يمكن أن تمنع حيوانًا على الأرض أن يصبح ثلاثة أضعاف وزن الفيل؟ سوف نكتشف أن هناك بعض العوامل الجسمية المهمة التي تؤثر على حجم الجسم. وهذه العوامل هي الجاذبية الأرضية، والطاقة الحركية، والتوتر السطحي (أو طاقة الشد في المباني). الجاذبية الأرضية قوة تؤثر على جميع الأبنية، سواء منها الحي أم غير الحي، الكبير منها أم الصغير. فالجاذبية تؤثر على الجسم بجذبه إلى أسفل باتجاه الأرض. على أي حال، الأبنية الأصغر أقل تأثرًا بالجاذبية، ويبدو أن الحشرات الأصغر حجمًا تتصرف وكأن الجاذبية غير موجودة بالنسبة لها، بعضها: مثلاً يقفز إلى ارتفاعات تساوي أضعاف ارتفاع أجسامها. والجاذبية هي التي تجعل كتلة الجسم تمثل وزنًا، والقوة التي تبذلها الجاذبية تعتمد على حجم هذا الجسم، فكلما زادت كتلة الجسم، كلما كان تأثرها بالجاذبية أكبر.

ولو افترضنا أن الجاذبية قد تضاعفت، فإننا لن نستطيع المشي ونحن منتصبون، كما أن معظم الحيوانات سيمنحها الله أرجلاً قصيرة، ربما كتلك التي للتماسيح. من ناحية أخرى، إذا تصورنا أن الجاذبية خفضت إلى النصف، فسيكون لنا أطراف أنحف مما هي عليه الآن، والقمر، مثلاً، عليه قوة جاذبية تساوي سدس جاذبية الأرض، ولهذا يستطيع رواد الفضاء أن يتحركوا بسهولة، في خطوات عملاقة.

تعرّف الطاقة الحركية على أنها الطاقة التي يكتسبها الجسم لأنه يتحرك، فالسيارة لها طاقة حركية، وكذا الجسم الذي يسقط من مرتفع.

والطاقة الحركية هي التي تتسبب في إصابة أجسامنا عند سقوطها على الأرض. وهذه الطاقة تنتقل إلى الأرض عند الاصطدام. فالطفل الذي يبلغ حجمه نصف حجم جسم شخص بالغ سوف يصطدم بالأرض بقوة تعادل واحداً من ستة عشر جزءًا من قوة اصطدام الشخص البالغ بالأرض، وذلك لأن الطفل يزن فقط ربع وزن الشخص البالغ. والحيوانات الصغيرة تتأثر بشكل بسيط بالطاقة الحركية، لكن هذه القوة لا تؤثر على بنية الحيوانات الضخمة. فكلما كان الحيوان أضخم، كان لازمًا أن يكون عموده الفقري أثقل وزنًا حتى يسمح له بتحمل مرات السقوط على الأرض.

أما التوتر السطحي فهو قوة جزيئية تشد سطح أي سائل في الحد الأدنى من المساحة المتاحة، تتجاذب جزيئات الماء إلى بعضها والروابط القائمة بينها يصعب تكسيرها، ولذا يشد الماء بعضه بعضًا. ونلاحظ أن بشرة مشدودة تتكون على السطح، إن هذه الخاصية بعينها هي التي تشكل صعوبة للحيوانات الصغرى. فعندما تسقط ذبابة في بركة ماء، مثلاً: فإنها تكون قد وقعت في شرك التوتر السطحي. التوتر السطحي لا يؤثر في الكائنات الأكبر كأجسامنا: لأن قوتها تصبح ضعيفة مقارنة بقوة عضلاتنا.

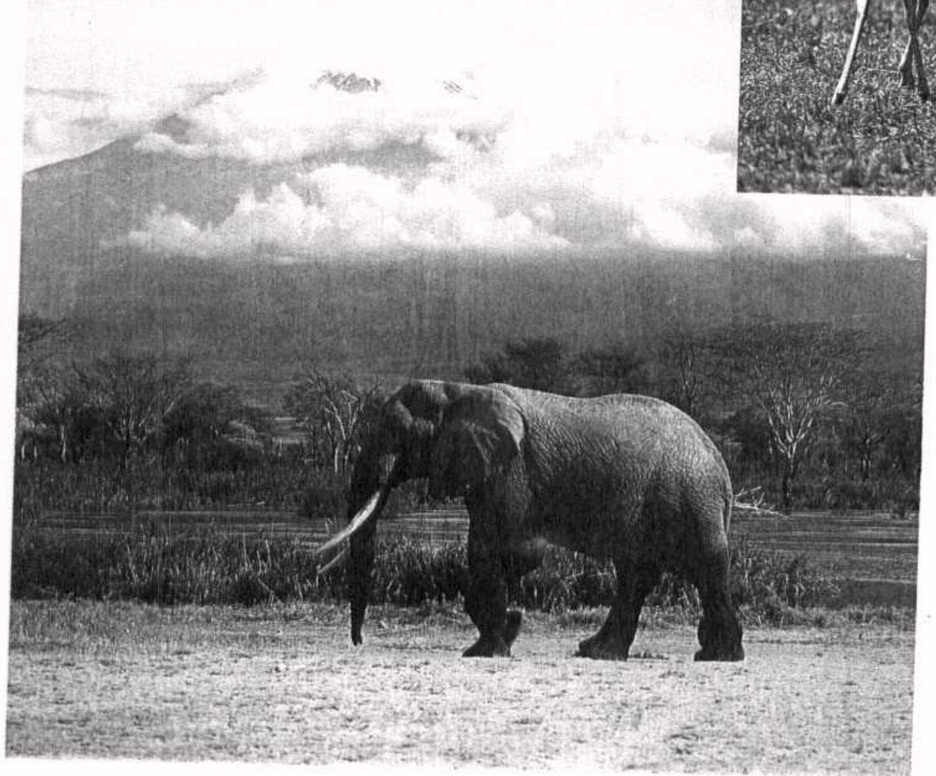
!

يمكن أن تصبح قطرات المطر خطرًا داهمًا للحشرات، وبالقياس، فإن نقطة المطر بالنسبة للحشرة تساوي قذيفة بندقية مائية تضرب في وجه إنسان.

!

لقرود الجبّون عظام دقيقة تسمح لها بالتأرجح بسهولة بين الأشجار. لكن عظامها ليست قوية: فكل جبّون من بين ثلاثة تكسر له عظمة في وقت ما في حياته.





للغزال (أعلى إلى اليمين) أرجل طويلة وهو نحيف، أما الفيل (أعلى) فهو أثقل وزنًا بكثير، ولذا فإن أرجله أقصر بكثير من أرجل الغزال كما أنها أثخن.

وعظام الحيوانات الضخمة يلزم أن تكون أكثر سمكًا وأقصر حتى تستطيع تحمل الأوزان الزائدة؛ ولهذا يكون الهيكل العظمي أكبر وأثقل. وعلى سبيل المثال، يمثل العظم حتى ٨٪ من وزن الصعو (النمنمة) أو الفأر، و١٤٪ من وزن الأوزة أو الكلب، و١٨٪ من وزن الإنسان، ويمثل ٢٧٪ من وزن الفيل. ولما كانت الحيوانات الضخمة أثقل وزنًا، فإنها تميل لأن تكون أقل حركة. ورغم أن هذا لا يبرر ما تكون عليه حالة الزرافة، حيث إنها تستطيع الحركة بسرعة عالية، فإن الزرافة تعيش حياة تملؤها المخاطر. فعظامها طويلة، وخفيفة نسبيًا؛ ولذا فمن السهل أن تتحرك، لكن عظامها ليست قوية، فإذا ما فقدت الزرافة توازنها وسقطت على الأرض، فإن عظامها تُكسر بسهولة إلى حد ما.

أما الفيلة، فإنها ليست في حدود أحجامها العليا؛ ذلك أن حيوانات الماضي كانت حيوانات أكبر حجمًا. فالديناصور عضدي الأرجل، كان ارتفاعه ١٢م، ووصل وزنه إلى ٨٠ طنًا، وذلك يساوي ستة عشر ضعفًا وزن الفيل. وقد توصل العلماء إلى أن الحد الأقصى للوزن من الناحية النظرية، لأي عمود فقري عظمي قد يصل إلى ما يساوي ١٠٠طن.

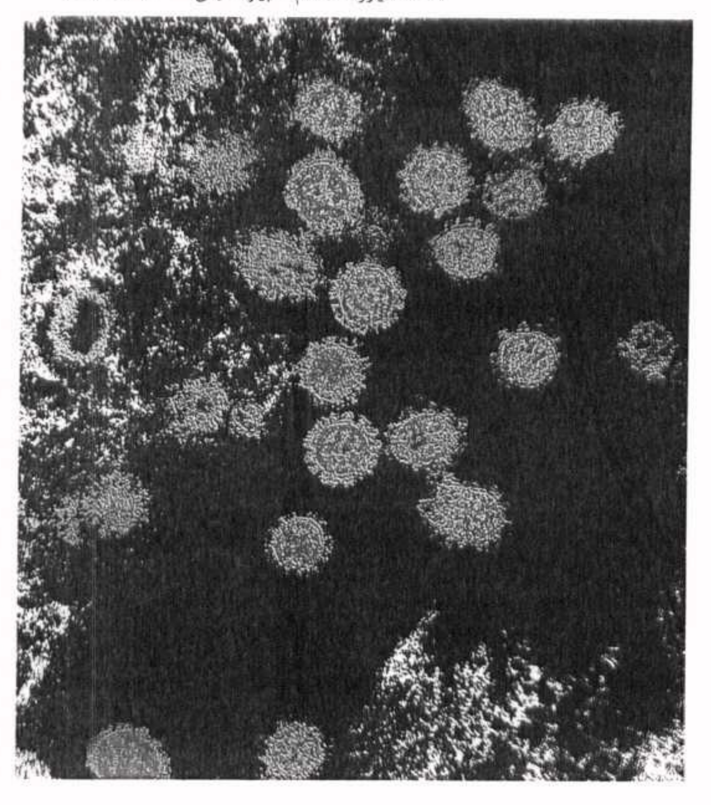
ومن ثم نسأل عن السبب في عدم وجود حيوانات عملاقة في عالم اليوم؟ إنها مسألة وقت فقط! فالحيوانات الضخمة عاشت وقتًا طويلاً. وكانت دقات قلبها أبطأ من دقات قلب الحيوانات الصغرى، كما أن هذه الحيوانات الضخمة ولدت صغارًا أقل عددًا من الحيوانات الأصغر. كما أنها تستغرق وقتًا طويلاً كي تصل إلى سن البلوغ والنضج، وحتى إن فترة حملها طويلة، ففترة الحمل لأنثى الفيل تصل إلى ٢٢ شهرًا. والحيوانات الضخمة تحتاج إلى بيئة مستقرة لتعيش فيها. وهذه الأنواع تتطور ببطء ولا تستطيع أن تستجيب للتغيرات المناخية بالسرعة التي تستجيب بها الحيوانات صغيرة الحجم التي لها معدل إنجاب سريع.

حجم الفيروسات أصغر خمسين مرة من حجم البكتيريا. ويمكن رؤيتها فقط بالمجهر الإليكتروني، حيث يتم تكبيرها إلى ما يزيد على ٣٠.٠٠٠ ضعف.

قد يصل عمر الفيل على الأرض إلى ما يقارب السبعين عامًا. وفي حياة الفيل الواحد قد يكون هناك ما يزيد على خمسين جيلاً من الثدييات الصغرى مثل الفأر. وإذا ما تغيرت البيئة بسرعة، فإن الحيوانات الضخمة تميل لأن تندثر، لأنها لا تستطيع أن تتكيف بسرعة كافية؛ ولهذا فإنه قول صحيح أن الوقت هو العامل الذي يقرر الحد الأدنى لحجم أنواع الحيوانات.

إذن، ما هو الذي يحدد الحد الأدنى لحجم الكائن الحي؟ أصغر الثدييات المعروفة هو الزبابة (حيوان من آكلات الحشرات يشبه الفأر). ويجب على هذا الحيوان أن يظل يأكل معظم النهار فقط ليوفر لجسمه الطاقة اللازمة ليظل دافئًا، وفي الحقيقة عليه أن يأكل ما يعادل نصف وزنه طعامًا كل يوم. وإذا كان حجمه أصغر قليلاً، فإن عليه أن يظل يأكل طيلة اليوم. خلقت أجسام الحيوانات من ملايين عديدة من الخلايا، وهي اللبنات الأساسية لبناء جسم الكائن الحي، لكنّ هناك حدًا معينًا لمقدار صغر الخلية قبل أن تتوقف عن العمل بشكل صحيح.

الفيروسات هي أصغر الكائنات الحية المعروفة لنا. هذه الفيروسات تم تكبيرها إلى ٣٦.٠٠٠ ضعف.



الفيروسات هي الأصغر بين جميع الكائنات الحية. وهي بالكاد، تُرى تحت أقوى المجاهر كما أن بنية جسمها مختلفة جدًا عن الكائنات الحية الأخرى؛ لأنها لا تتكون من الخلايا على الإطلاق. يتكون الفيروس من بنية بسيطة جدًا تتكون من مادة لولبية وراثية (جينية) يحميها جسم لولبي من البروتين. والفيروسات لا تستطيع أن تتنفس، أو تتبرز أو تنمو، مما يجعل العلماء يتساءلون هل هي في الحقيقة حية؟ وهي لا تستطيع أن تتكاثر إلا في أجسام كائنات حية أخرى، ولذا فهي طفيلية. وإذا ما داهم فيروس خلية مضيفة، فإنه يتولى التحكم فيها، مصدرًا أمره إليها بأن تصنع مزيدًا من نسخ هذا الفيروس.

ليس لأي من الحيوانات الضخمة حقيقة هيكل عظمي خارجي، وهذا ما يؤدي بنا إلى الافتراض أن هناك بعض العوامل التي تؤثر في حجم مثل ذلك الهيكل، وقد تبين في النهاية أن السبب له علاقة بقوة الصفائح العظمية المنحنية. فمع زيادة طول وعرض الصفحية العظمية فإنها لا تستطيع أن تحمل الوزن نفسه إلا إذا أصبحت أكثر سُمكًا.

لو استطاع بنو البشر أن يستهلكوا الطاقة بالسرعة التي يستهلكها بها الزبابة، لكان عليهم أن يأكلوا ثلاثين كيلو جرامًا من الطعام يوميًا.

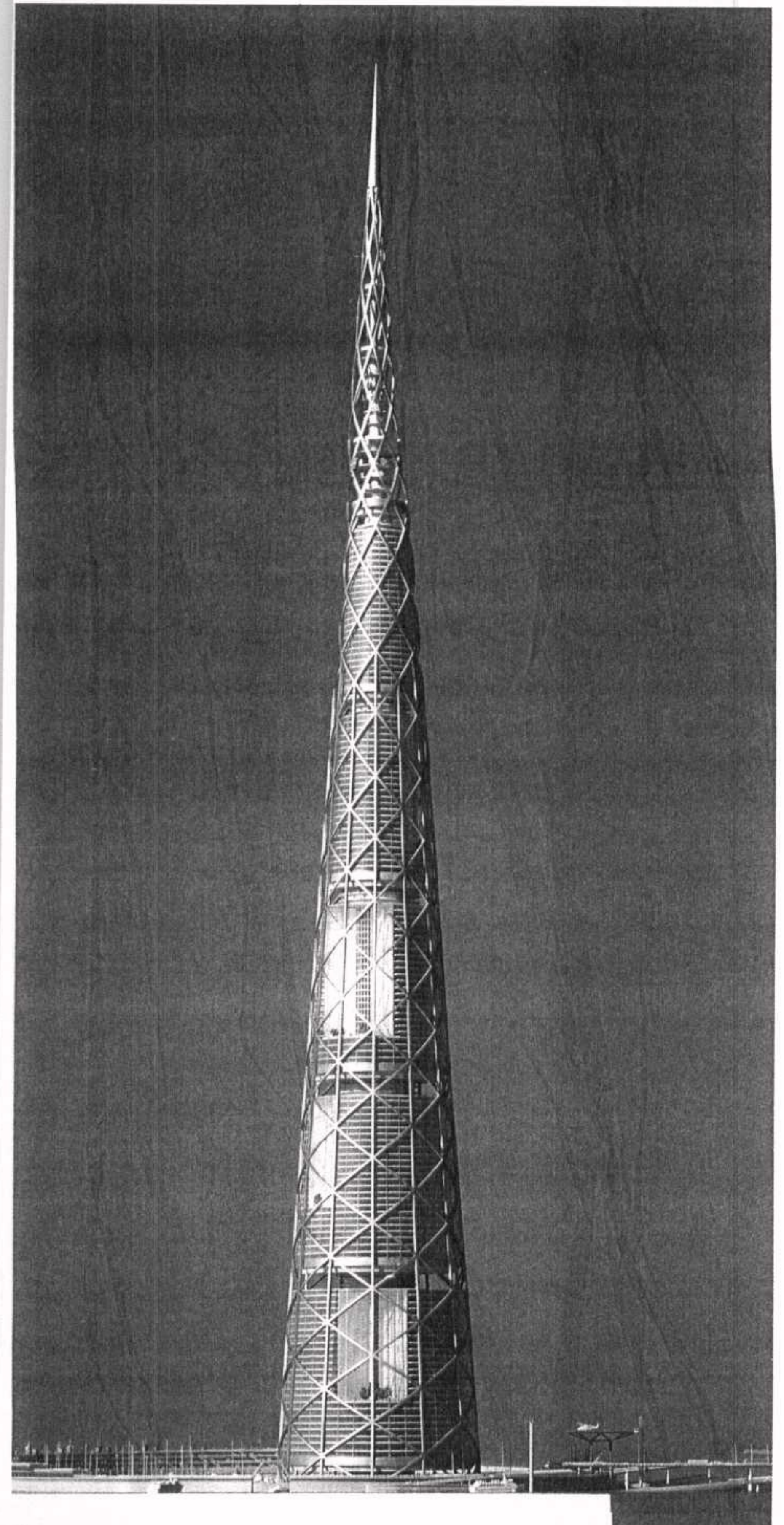
وينتج عن هذا ما يمكن أن نسميه عقوبة الوزن الزائد. وفي البحر وحده، حيث يوفر الماء معظم الدعم والسند لوزن الحيوانات، تستطيع الحيوانات ذات الهياكل الخارجية مثل السلطعون (الكابوريا) أن تنمو إلى أي حجم حقيقي.

وبالطريقة نفسها التي يتم بها تحديد حجم الحيوانات بعوامل طبيعية، فإن حجم البنى التي يصنعها الإنسان يتحدد بطريقة مشابهة. المباني الكبيرة جدًا تبذل جهدًا هائلاً على أساساتها، وإذا ما بُذل جهد زائد عن الحد: فإن قاعدة المبنى لن تكون قادرة على حمل وزنه.

كما أن نمنمة، (أي تصغير)، الأشياء له مشاكله أيضًا، فدوائر المايكروتشيب، مثلاً، معروفة هذه الأيام، وهي تتضاءل في الصغر يومًا بعد يوم، على أي حال، لقد أصبح من الصعب بشكل متزايد أن تصبح مثل تلك الدوائر الكهربية أصغر، وهذا في جزء فيه يعود إلى أن معدة خاصة في حاجة لأن تعمل في ظل هذه التفاصيل الدقيقة، ولأن التيارات الكهربية التي تمر في هذه الدوائر تتخذ سلوكًا يختلف فعليًا عما لو كانت تمر في أبنية دقيقة.



لماذا تموت الحيتان التي تضل طريقها فتصل إلى الشواطئ، حتى إذا أعيدت إلى المياه مرة ثانية؟



المساحة والحجم

هناك علاقة بين النمو في الطول والزيادة في الحجم.

من الواضح أن الحيوان الضخم أثقل وزنًا من الحيوان الصغير، ولكن زيادة صغيرة في الحجم تؤدي فعلاً إلى زيادة كبيرة في الكتلة. تخيل وجود مكعب أبعاده ١سم × ١سم × ١سم «فإن حجمه يساوي ١سم٣» وكتلته تساوي ١جم. والآن، إذا تضاعف حجم الجسم إلى ٢سم × ٢سم × ٢سم فإن حجمه يزداد فيصبح ٨سم٣. كما أن كتلته تصبح ٨جم. وهكذا فإن مضاعفة طول الجسم تزيد الوزن ثماني مرات.

وإذا كنت قد قرأت قصة جاليفر، فإنك تستطيع أن تفهم إلى أي مدى كان قلق أهل جزيرة ليليبوت الأقزام، ورغم أن جاليفر كان طوله يساوي اثني عشر ضعفًا من الأقزام من أهل ليليبوت، فإن جسمه سيكون له حجم يساوي عدد ١٧٢٨ قزمًا منهم (١٢ × ١٢ × ١٢). وعمليًا، سيكون بحاجة لأن يأكل ١٧٢٨ ضعفًا مما يأكلون!!

قد يبنى برج الألفية في اليابان في القرن الحادي والعشرين. وسيكون ارتفاعه ضعفي ارتفاع أي مبنى في العالم اليوم. لكن يظل السؤال: هل تمكننا التقنية من تشييد مثل هذا المبنى؟

كلمات أساسية

- **الجاذبية:** هي القوة التي تشد جسمين إلى بعضهما.
- **الطاقة الحركية:** هي الطاقة التي يحتويها جسم يتحرك.
- **التوتر السطحي:** هو قوة جزيئية تؤدي إلى إحداث شد في سطح أي سائل إلى الحد الأدنى من المساحة المتاحة.

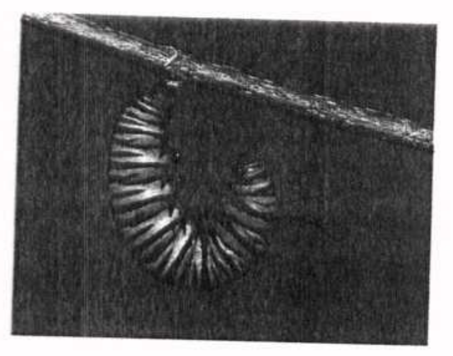
المستقبل

إذا استطعنا أن نكون قادرين على التأكد من أي شيء، فإنه مستقبل التصميم البنائي الذي سيكون مثيرًا. فأساليب التصميم الجديدة، وفهم المواد سيجعل الأبنية أكثر كفاءة، وأكثر أمانًا.

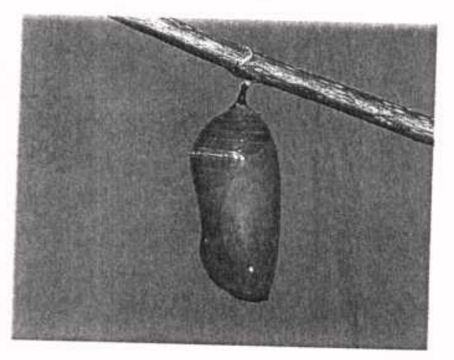
تحدث حاليًا تطورات في ابتكار ما يعرف باسم (الأبنية الذكية)، وهي الأبنية التي تستطيع أن تكتشف القوى التي تؤثر عليها وأن تتعامل معها. وقد اعتقد المهندسون تقليديًا أن الأبنية سالبة، وأنها أشياء جامدة فقط لها أن تتأثر بالقوى الخارجية. ومن ناحية أخرى، يدرس علماء الحياة، إمكانية الوصول إلى عالم تنمو فيه الأشياء، وتتكاثر وتتحرك حسبما أرادوا لها، كما ينتظر من هذه الكائنات الحية أن تستجيب للقوى الخارجية، ويمكن أن تظهر عليها علامات الضرر، فمثلاً: إذا ضربت رجلك بعنف بطريق الخطأ، فإنك ستشعر بالألم وقد يظهر جرح أو قطع عليها. فالمهندسون يحاولون الوصول إلى أبنية يصنعونها بأيديهم، تكون لها استجابات مشابهة. فمتسلقو الجبال قد يستخدمون قريبًا حبالاً تغير لونها إذا تعرضت للشد الزائد. والتغير في لون الحبل سيعطي دليلاً للمتسلق ما إذا كان الحبل آمنًا لاستخدامه من عدمه. كما أن يد الشنطة البلاستيكية قد تغير لونها إذا ما زاد وزن الأشياء التي بها وَخُشي أن تتمزق. ومن المؤمل أن يكون في مباني المستقبل منظومة اتصالات وتحكم مرتبطة بتركيبها، تحذر المهندس من أي عطب حدث للمبنى.

تستجيب الأشجار والعظم للتوتر بأن ترمي عن ظهرها، أو من فوقها، الأحمال الزائدة كلما احتاج الأمر مواجهة التوتر. والجسر الخشبي (الذكي)، ربما يغير شكله تدريجًا حتى يؤدي إلى توزيع العبء الواقع عليه بشكل متساوٍ على كل جسم الجسر. بعض المواد الآن يمكنها أن تستجيب للحرارة أو القوة بتغيير لونها. تغطية المبنى بمادة حساسة للون الذي يتحول إلى الداكن في درجات الحرارة المنخفضة وإلى اللون الفاتح في درجات الحرارة المرتفعة، سيساعد المبنى لكي يصبح دافئًا بسرعة إلا أنه يظل باردًا في حرارة النهار.

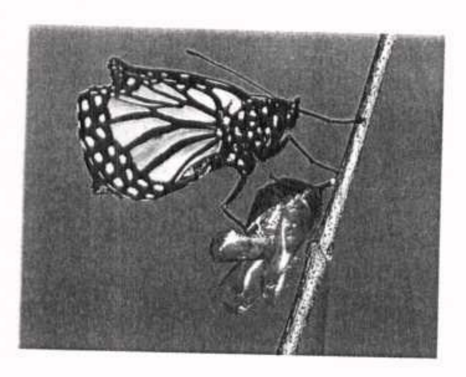
والآن يمكن القول: إن المواد وأساليب التقنية تساعد المهندسين في ابتكار تراكيب تحمل مزيدًا من روح المغامرة العلمية. بعض من هذه الابتكارات في



اليسروع (يرقة الفراشة)

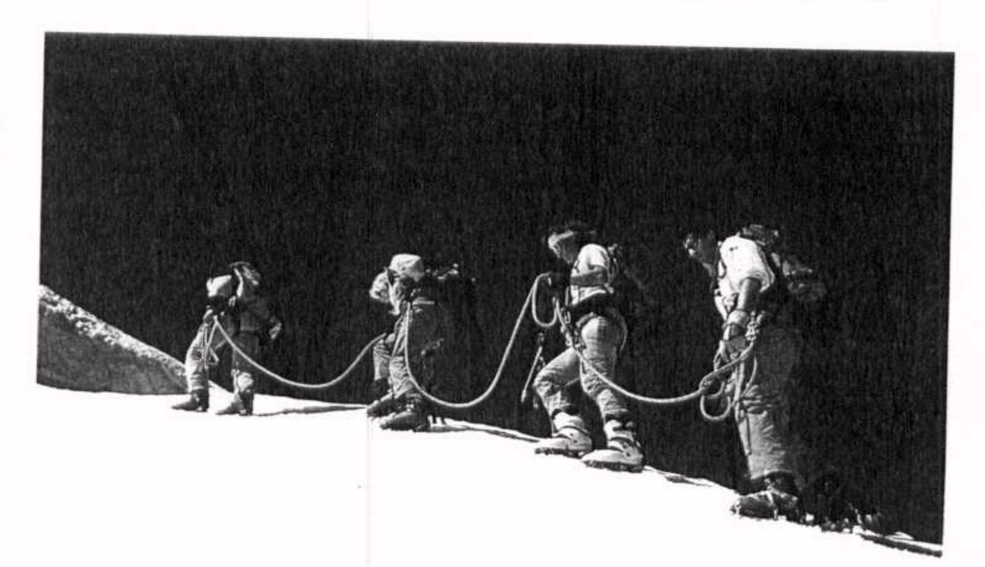


الخادرة «تنتقل من يرقة إلى حشرة كاملة»



فراشة بالغة

بعض الحيوانات مثل هذه الفراشة الملكة تستطيع أن تعيد ترتيب بنيتها بإذن الله، كما أنها تستطيع أن تغير شكلها كاملاً بأمره. وقد يجد العلماء مفاتيح في العالم الطبيعي قد تساعدهم في تصميم أبنية تغير شكلها.



قد يكون بإمكان المتسلقين قريبًا أن يستخدموا حبالاً يتغير لونها إذا تلفت.

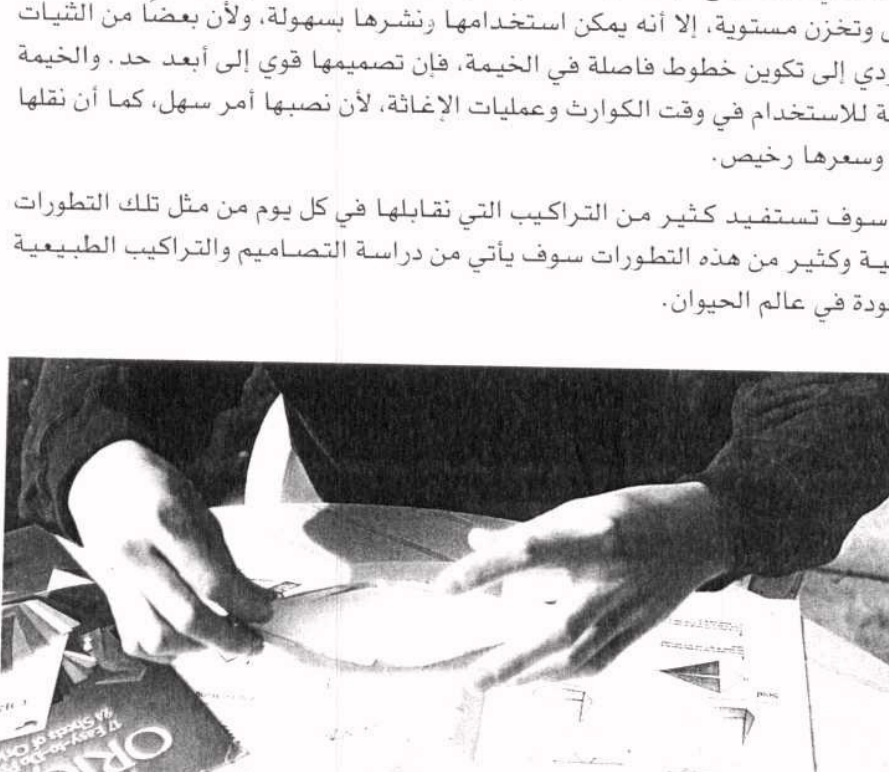


تظهر الصورة منصة لاستخراج البترول في المستقبل، وهي موضوعة بشكل عملاق فوق صورة المدينة لتظهر كبر حجم التركيب الذي سيبنى في البحر. من الممكن إقامة مثل هذا التركيب الشاهق الارتفاع في البحر؛ لأن الماء سيوفر دعمًا له.

ئات ليست صديقة للإنسان مثل الفضاء، حيث تقوم وكالة ناسا ي الولايات المتحدة الأمريكية ووكالة الفضاء الأوروبية بتقديم طط لإقامة محطات فضاء مأهولة برواد الفضاء تعمل بصفة ائمة في مدار حول الأرض. تجد صناعة البترول باستمرار دلائل ديدة على وجود البترول في مياه البحر، ولكن في مياه عميقة دًا. ويتم حاليًا تصميم حفارات عملاقة تستخدم أساليب بناء ديثة وكذا آخر ما تم التوصل إليه من مواد، للعمل في أمان في احدة من أخطر بحار العالم. وتخطط شركات البترول لاكتشافه ي أعمق المحيطات بأعماق تصل إلى ٩٠٠م. وتقوم شركة شل اليًا ببناء منصة لاستخراج البترول، تتكون من منصة عائمة من لصلب مربوطة بكوابل صلبة ترسو في قاع البحر. وسوف تضخ لبترول من ٣٢ بئرًا، وسيكون الطول الإجمالي للبرج ١٠٠٧م، وهو ضعفاً طول أكبر مبنى موجود في العالم حاليًا، وهو برج سيرز في يكاغو. وحتى إن هناك منصات أضخم يتم التخطيط لها، حيث يوجد حفاران عائمان ٦٤ بئر بترول، ولهما القدرة على الحفر على عمق ٣٠٠٠م في الماء.

ويستطيع المصممون المبتكرون أن يدمجوا المواد الجديدة مع الأفكار القديمة ليخرجوا أبنية مثيرة. هناك أساليب كثيرة لفن الأوريجامي، وهو فن ياباني في تطبيق وثني الورق، مكن بها من خلال ثني لوح ورق واحد عمل أشكال معقدة، وهذه الثنايا الخاصة تم طبيقها في مواد ألواح البلاستيك الحديثة، والنتيجة الختامية هي نوع جديد من الخيام حمل وتخزن مستوية، إلا أنه يمكن استخدامها ونشرها بسهولة، ولأن بعضًا من الثنيات د تؤدي إلى تكوين خطوط فاصلة في الخيمة، فإن تصميمها قوي إلى أبعد حد. والخيمة ثالية للاستخدام في وقت الكوارث وعمليات الإغاثة، لأن نصبها أمر سهل، كما أن نقلها هل وسعرها رخيص.

سوف تستفيد كثير من التراكيب التي نقابلها في كل يوم من مثل تلك التطورات لتقنية وكثير من هذه التطورات سوف يأتي من دراسة التصاميم والتراكيب الطبيعية لموجودة في عالم الحيوان.



يستخدم فن الأوريجا من «ثني وتطبيق الورق» حاليًا لتوفير المأوى سهل الاستخدام والنقل وقت الكوارث.

المسرد

القناة: هي جسر يحمل الماء.

المفصليات: هي حيوانات لها هيكل خارجي وأطراف مفصلية مثل الحشرات والسلطعون (الكابوريا).

الكتف: هي دعامة تكون على خارج الجدار.

الكابولي: هي عارضة أفقية مثبتة من طرف واحد لتحمل أثقالاً على الطرف الثاني.

خلية: هي البناء والوحدة الأساسية للكائن الحي.

الحمل الحراري: هو ارتفاع الهواء أو السائل الدافئ لأنه أخف كثافة من الوسط الأكثر برودة حوله.

القبة: هي شكل نصف كروي يمتد على مساحة كبيرة.

الطاقة: هي القدرة على أداء العمل.

الارتقاء: هي عملية تغيير بطيئة جداً تؤثر على الكائنات الحية.

الهيكل الداخلي: هو هيكل داخل الجسم عليه عضلات من الخارج.

الهيكل الخارجي: هو هيكل خارج الجسم وتكون عليه العضلات من الداخل.

القوة: هي الشيء الذي يغير شكل وحركة جسم ما.

الأساسات: هي أجزاء المبنى الموجودة تحت الأرض، وهي تدعم وتحمل أجزاء المبنى التي فوق الأرض.

الشفرة الوراثية: هي المعلومات المطلوبة للتحكم في خلايا الكائن الحي.

العارضة: هي دعامة صلبة كبيرة.

الجاذبية: هي القوة التي تجذب جسمين لبعضهما البعض.

الطاقة الحركية: هي الطاقة التي يحتويها جسم يتحرك.

النواة: هي مركز التحكم في الخلية التي تحتوي على الكروموزومات.

المواد المغذية: هي المواد التي تغذي الحيوان أو النبات.

الطفيلي: هو كائن يعيش داخل أو على كائن آخر ويحصل من خلاله على طعامه.

التمثيل الضوئي: هي العملية التي من خلالها تصنع النباتات الخضراء غذاءها باستخدام الطاقة الضوئية وثاني أكسيد الكربون والماء.

الحيوان الضاري: هو الحيوان الذي يأكل اللحم.

السيليكون: هي مادة صلبة جداً توجد في الأصداف والصخور.

فتحة تصريف الماء: هي القناة التي تتخلص من الماء الفائض على جانب السد.

القوة: هي مقياس القوة المطلوبة لكسر جسم ما.

النسيج: هو مجموعة من خلايا متماثلة لها الوظائف نفسها مثل: أنسجة الكبد أو أنسجة العضلات.

التهوية: هي نظام يتيح للهواء النقي المرور عبر فراغ ما.

الفقاري: هو حيوان له عظام ظهرية.

كلمات مستفادة